

# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y  
ELECTRÓNICA**

**ESTUDIO PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL DIMENSIONAMIENTO DE  
TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN, UTILIZADOS EN  
EDIFICIOS DEL CENTRO NORTE DEL DISTRITO  
METROPOLITANO DE QUITO**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO ELÉCTRICO**

**SANTANDER ARAGÓN FREDDY ALBERTO**  
freddy.santander17@hotmail.com

**DIRECTOR: DR. GABRIEL SALAZAR YÉPEZ**  
gabriel.salazar@epn.edu.ec

**Quito, mayo 2018**

## **AVAL**

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Freddy Alberto Santander Aragón, bajo mi supervisión.

---

**DR. GABRIEL SALAZAR YÉPEZ**  
**DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

## **DECLARACIÓN DE AUTORÍA**

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

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

---

FREDDY ALBERTO SANTANDER ARAGÓN

## DEDICATORIA

A mi madre Norma Aragón que en paz descansa, ángel de la guarda que desde el cielo alumbra mis pasos y lo hará siempre, recordando sus palabras estudien hasta que sean profesionales y hombres de bien, para usted madrecita querida.

Al mejor hombre que conozco, mi papá Alberto Santander que nunca nos abandonó mi amigo y confidente, ejemplo de valentía y trabajo, siempre mirando hacia adelante y nunca mirar hacia atrás ni dejarse derrotar en el camino ante las adversidades dedicado para usted mi querido y adorado padre.

A mi esposa Cathy, que además de mi esposa eres mi mejor amiga y compañera de vida, para ti mi amor que nunca dejaste de confiar en mí y con amor salimos adelante y lo haremos siempre mi amor te amo mucho mi vidita hermosa.

A mi angelito terrestre, mi hijo Julián pequeñito que vino a iluminar mis días y a darme mucha felicidad, el motivo más grande por quien vivir y luchar; te amo hijo.

A mis amigos: Pablo, Alejandro, Daniel con los que compartí esta vida universitaria siempre con alegría, tendiéndonos la mano en las buenas y en las malas apoyándome siempre en ustedes compartiendo lo más lindo que puede tener el ser humano amigos y de los buenos los mejores.

A mis otros amigos del Colegio Técnico Don Bosco Flavio , Damián y Rolando con los que además de ser compañeros de trabajo que siempre con una sonrisa y cualquier consejo supieron ayudarme en toda esta etapa de trabajo.

Finalmente a mi hermano Bryan, además de hermano amigo con el que puedo confiar siempre, compañero de lucha en los momentos difíciles y compañero de festejos y risas en los momentos de júbilo sin importar lo duro de las vivencias, siempre adelante hermano.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios siempre guía y esperanza en mi camino.

Agradezco infinitamente al Ing. Santiago Peñafiel y al personal del Departamento de Control de Calidad y Pérdidas Técnicas de la Empresa Eléctrica Quito por toda la ayuda brindada en el desarrollo del presente trabajo.

Agradezco al Dr. Gabriel Salazar por tenderme la mano en un momento crítico y darme esa luz al final del túnel, eternamente agradecido.

Agradezco a las autoridades del Colegio Técnico Salesiano Don Bosco por todas las oportunidades brindadas para culminar con el presente trabajo.

Finalmente agradecimientos a los docentes de la Escuela Politécnica Nacional por los conocimientos impartidos a lo largo de mi carrera

# ÍNDICE DE CONTENIDO

|  |    |
|--|----|
| AVAL .....   | 1  |
| DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....  | 2  |
| DEDICATORIA.....   | 3  |
| AGRADECIMIENTO.....  | 4  |
| ÍNDICE DE CONTENIDO.....   | 5  |
| RESUMEN .....  | 8  |
| ABSTRACT .....   | 9  |
| 1. INTRODUCCIÓN.....   | 10 |
| 1.1 Objetivos .....  | 10 |
| 1.2 Alcance .....  | 11 |
| 1.3 Contenido del Documento.....   | 11 |
| 2. MARCO TEÓRICO .....   | 13 |
| 2.1 Sistema eléctrico de potencia .....  | 13 |
| 2.2 Sistema de Distribución.....   | 14 |
| 2.3 Transformador de Distribución .....  | 14 |
| 2.4 Demanda.....   | 15 |
| 2.5 Demanda Máxima ( <i>DM</i> ) .....   | 16 |
| 2.6 Capacidad Instalada.....   | 16 |
| 2.7 Carga Instalada .....  | 17 |
| 2.8 Factor de Demanda ( <i>FD</i> ) .....  | 17 |
| 2.9 Factor de Utilización ( <i>FU</i> ).....   | 17 |
| 2.10 Factor de Coincidencia ( <i>FC</i> ) .....  | 17 |
| 2.11 Factor de Diversidad ( <i>Fdiv</i> ).....   | 18 |
| 2.12 Curvas de Carga.....  | 18 |
| 2.13 Factor de Simultaneidad ( <i>FSn</i> ) .....  | 20 |
| 2.14 Dimensionamiento de Transformadores de Distribución.....  | 20 |
| 2.14.2. Procedimiento para la determinación de la capacidad del transformador<br>para clientes del área de concesión de la Empresa Eléctrica Quito ..... | 21 |
| 2.14.3 Método Analítico de Arvidson para determinar la demanda máxima de<br>transformadores de distribución.....   | 27 |
| 2.14.4 Dimensionamiento del transformador de distribución mediante la<br>normativa del código eléctrico americano (NEC).....                             | 30 |

|        |  |    |
|--------|--|----|
| 2.14.5 | Dimensionamiento del transformador mediante la previsión de cargas del REGLAMENTO ELECTROTÉCNICO PARA BAJA TENSIÓN E INSTRUCCIONES TÉCNICAS COMPLEMENTARIAS (R.B.T). | 32 |
| 2.14.6 | Carga correspondiente a un conjunto de departamentos:  | 34 |
| 2.14.7 | Carga correspondiente a los servicios generales:   | 37 |
| 2.15   | Analizador FLUKE 1744  | 37 |
| 3.     | APLICACIÓN PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE LOS TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN   | 39 |
| 3.1    | Selección de los edificios   | 39 |
| 3.1.1. | Antecedentes de los edificios a ser analizados   | 40 |
| 3.1.2. | Potencia nominal actual de los transformadores en los edificios a ser analizados   | 45 |
| 3.2    | Cálculo de la demanda máxima de los edificios utilizando el Método de Arvidson   | 45 |
| 3.2.2. | Determinación de la demanda requerida del Transformador  | 48 |
| 3.2.3. | Recomendaciones para el cálculo de la demanda en Servicios Generales   | 48 |
| 3.3    | Determinación de la demanda requerida por el transformador utilizando la normativa del código eléctrico americano (NEC)  | 51 |
| 3.4    | Determinación de la demanda requerida por el transformador utilizando la previsión de cargas del Reglamento Electrotécnico de Baja tensión (RBT)                     | 52 |
| 4.     | RESULTADOS Y DISCUSIÓN   | 57 |
| 4.1    | Demanda máxima y factores de utilización medidos en los Transformadores  | 57 |
|        | Fig. 4.1. Factores de utilización reales y calculados sin recomendaciones en servicios generales   | 61 |
|        | Fig. 4.2. Factores de utilización reales y calculados con recomendaciones en servicios generales   | 61 |
| 4.4    | Interpretación de resultados   | 62 |
| 4.4.1  | Análisis Económico   | 63 |
| 4.4.2. | Otros análisis comparativos complementarios  | 73 |
| 5.     | CONCLUSIONES   | 75 |
| 6.     | REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS   | 77 |
| 7.     | ANEXOS   | 78 |
| 7.1    | Mediciones entregadas de los Edificios   | 78 |
| 7.1.1. | Edificio Montpellier:  | 78 |

|                          |   |                                      |
|--------------------------|---|--------------------------------------|
| 7.1.2.                   | Edificio Terrazas del Tenis.....              | 79                                   |
| 7.1.3.                   | Edificio Baru: .....                          | 80                                   |
| 7.1.4.                   | Edificio Azai: .....                          | 81                                   |
| 7.1.5.                   | Edificio Aura: .....                          | 82                                   |
| 7.1.6.                   | Edificio Tamayo 6266: .....                   | 83                                   |
| 7.1.7.                   | Edificio Madeyra: .....                       | 84                                   |
| 7.1.8.                   | Edificio Mabec Coruña: .....                  | 85                                   |
| 7.1.9.                   | Edificio Metro: .....                         | 86                                   |
| 7.1.10.                  | Edificio Córdoba Plaza:.....                  | 87                                   |
| 7.2.                     | Curvas de Carga Diaria de los Edificios ..... | 88                                   |
| 7.2.1.                   | Edificio Montpellier: .....                   | 88                                   |
| 7.2.2.                   | Edificio Terrazas del Tenis:.....             | 88                                   |
| 7.2.3.                   | Edificio Baru: .....                          | 89                                   |
| 7.2.4.                   | Edificio Azai: .....                          | 89                                   |
| 7.2.5.                   | Edificio Aura: .....                          | 90                                   |
| 7.2.6.                   | Edificio Tamayo 6266: .....                   | 90                                   |
| 7.2.7.                   | Edificio Madeyra: .....                       | 91                                   |
| 7.2.8.                   | Edificio Mabec Coruña: .....                  | 91                                   |
| 7.2.9.                   | Edificio Metro: .....                         | 92                                   |
| 7.2.10.                  | Edificio Córdoba Plaza: .....                 | 92                                   |
| ORDEN DE EMPASTADO ..... |   | <b>¡Error! Marcador no definido.</b> |



## RESUMEN

En la actualidad la Empresa Eléctrica Quito se enfrenta a un problema de subutilización de los transformadores de distribución que se localizan en las cámaras de los edificios destinados a departamentos y locales comerciales; teniendo como consecuencia pérdidas económicas y de energía debido a que la capacidad instalada de estos transformadores no se encuentra aprovechada de una forma eficiente.

Los factores de utilización al ser indicadores de aprovechamiento de transformadores de distribución; se calculan utilizando la demanda máxima y potencia del transformador instalado. Estos factores se encuentran en porcentajes bajos debido a la consideración que se hace en el procedimiento utilizado actualmente para el dimensionamiento de la capacidad del transformador que se va a utilizar en la cámara; procedimiento que se encuentra en la normativa vigente en la Empresa Eléctrica Quito; tomando como base: factores de simultaneidad, potencia nominal de equipos, potencia de luminarias, entre otros para determinar la demanda de diseño a considerar en el transformador. Valores de demanda que en la actualidad se pueden mejorar debido a la tecnología que encamina el ahorro de energía (eficiencia energética).

Además de esto se analizará también otros criterios de dimensionamiento de transformadores de distribución que vaya de acuerdo a la realidad existente en el Distrito Metropolitano de Quito proponiendo un ajuste a la normativa existente de la Empresa Eléctrica Quito.

**PALABRAS CLAVE:** factor de utilización, capacidad instalada, factor de simultaneidad, potencia nominal, eficiencia energética.

## **ABSTRACT**

At present, the Quito Electric Company faces a problem of underutilization of the distribution transformers that are located in the chambers of the buildings destined to departments and commercial premises; resulting in economic and energy losses due to the fact that the installed capacity of these transformers is not used efficiently.

The factors of use to be indicators of use of distribution transformers; they are calculated using the maximum demand and power of the installed transformer. These factors are found in low percentages due to the consideration that is made in the procedure currently used for the dimensioning of the capacity of the transformer to be used in the chamber; procedure found in the regulations in force at Empresa Eléctrica Quito; taking as a basis: simultaneity factors, nominal power of equipment, luminaire power, among others to determine the design demand to be considered in the transformer. Demand values that can currently be improved due to the technology that directs energy savings (energy efficiency).

In addition to this, other sizing criteria for distribution transformers will also be analyzed, according to the existing situation in the Metropolitan District of Quito, proposing an adjustment to the existing regulations of the Quito Electric Company.

**KEYWORDS:** utilization factor, installed capacity, simultaneity factor, nominal power, energy efficiency.

# CAPÍTULO 1

## 1. INTRODUCCIÓN

El Distrito Metropolitano de Quito vive en los últimos años un “boom” en la rama de la construcción, de manera especial de edificios destinados a departamentos y locales comerciales; ocasionados por el incremento de la población; además del avance tecnológico que produce un crecimiento en el equipamiento residencial dando como consecuencia un aumento en el consumo de energía eléctrica.

Razón por la cual se debe suministrar de energía mediante Transformadores de Distribución localizados en cámaras en dichos edificios; mismos que deben ser dimensionados de acuerdo a la normativa existente en la Empresa Eléctrica Quito; pero la mayoría de estos transformadores se encuentran sobredimensionados presentando factores de utilización muy bajos ocasionando pérdidas económicas y pérdidas eléctricas al momento de energizar el edificio.

Por lo que el presente trabajo presenta una serie de recomendaciones y un análisis de 3 metodologías internacionales de dimensionamiento que se puede poner a consideración para una revisión y ajuste a la normativa existente en la actualidad; tomando como base el estudio las metodologías de cálculo analizadas; optimizando de una mejor manera el factor de utilización de los transformadores de distribución a localizarse en los edificios tomando en cuenta el estudio de criterios de dimensionamiento utilizados internacionalmente pero que se vayan ajustando a la realidad de la ciudad en los casos de estudio propuesto además en conjunto con el análisis de potencia de los servicios generales en dichos edificios llegando a una recomendación de ajuste en la normativa existente en la Empresa Eléctrica Quito.

### 1.1 Objetivos

El objetivo general de este Estudio Técnico es:

- Optimizar el dimensionamiento de los transformadores de distribución en diez edificios del centro norte de Quito, mediante la comparación de las mediciones realizadas en dichos edificios y los criterios de dimensionamiento de acuerdo a las normas vigentes en la Empresa Eléctrica Quito.

Los objetivos específicos de este Estudio Técnico son:

- Analizar las normas utilizadas en la Empresa Eléctrica Quito y validar si los criterios considerados están acorde a la situación actual de los edificios de

departamentos y locales comerciales, construidos en el sector centro norte de la ciudad de Quito.

- Encontrar normas internacionales cuyos criterios se ajusten a la realidad de los edificios del centro norte de Quito.
- Establecer nuevos criterios para el cálculo de la potencia que van a tener los transformadores y compararlos con los resultados obtenidos de la aplicación de las normas actuales que se usan en la Empresa Eléctrica Quito, para determinar qué porcentaje se optimizó en el dimensionamiento, calculando el factor de utilización con estos nuevos criterios.

## **1.2 Alcance**

El alcance se enmarcará en el análisis de la normativa utilizada para el dimensionamiento de los transformadores de distribución de diez edificios localizados en el centro norte de Quito, que hayan sido energizados en los últimos cinco años y que en la actualidad se encuentren habitados en su mayoría, además de realizar la comparación con las mediciones entregadas por la Empresa Eléctrica Quito de los datos reales de uso, es decir, comparar el cálculo de los factores de utilización entre los datos de mediciones reales y los criterios de diseño utilizados en la dimensión de esos transformadores.

Con este análisis se verificará el uso de las normas utilizadas en este tipo de trabajos, puesto que se quiere evaluar la capacidad instalada de los transformadores actualmente instalados en base a la normativa vigente de la Empresa Eléctrica Quito; para realizar un posterior análisis de un posible sobredimensionamiento en los mismos; ocasionando pérdidas técnicas, que se traducen en pérdidas económicas, tanto para la Empresa Eléctrica Quito como para los usuarios.

Finalmente se plantea una recomendación a estas normas, para optimizar de una mejor manera el dimensionamiento de este tipo de transformadores, en edificios de departamentos y locales comerciales, debido a que en la actualidad están en constante demanda.

## **1.3 Contenido del Documento**

El presente estudio técnico se ha desarrollado en 5 capítulos, que se resumen a continuación:

En el Capítulo 1 se realiza la introducción general del estudio, el objetivo general y los objetivos específicos y el alcance del estudio.

En el capítulo 2 se describe el marco teórico del cual se fundamenta el estudio técnico; se presentan los conceptos, ecuaciones de cálculo y para este caso la metodología utilizada en la normativa vigente en la Empresa Eléctrica Quito para el dimensionamiento de transformadores de distribución para edificios y los procedimientos que presentan las diferentes metodologías de dimensionamiento: Método de Arvidson, Normativa del código Eléctrico Americano (NEC) y el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión e instrucciones técnicas complementarias (RBT).

En el capítulo 3 se describen los resultados del dimensionamiento de los transformadores con cada metodología descrita; además de realizar recomendaciones en el procedimiento de cálculo de los transformadores, calculando nuevamente con la implementación de estas recomendaciones la demanda utilizada como diseño.

En el capítulo 4 se analizan los resultados obtenidos mediante el cálculo del factor de utilización se hace un análisis comparativo de estos valores tanto en las potencias obtenidas como en los costos e implicaciones económicas que representa la optimización del dimensionamiento de los transformadores; se realiza también recomendaciones de ajuste a la normativa vigente en la Empresa Eléctrica Quito.

En el capítulo 5 se realizan las conclusiones del estudio técnico y finalmente en el capítulo 6 se presenta la bibliografía tomada como referencia

## CAPÍTULO 2

### 2. MARCO TEÓRICO

Para el desarrollo del presente proyecto es necesario conocer los conceptos básicos que se maneja en los sistemas de distribución para ponerlos en práctica en este estudio.

Es necesario conocer la localización del sistema de distribución en el sistema eléctrico de potencia, los componentes que lo integran, los conceptos de base para la estimación de la demanda y demás elementos que se van a asociar en este proyecto.

#### 2.1 Sistema eléctrico de potencia

Es una red eléctrica o conjunto de elementos conectados compuesto por: unidades de generación, líneas de transmisión, elementos de distribución con la finalidad de generar, transformar, transmitir y distribuir la energía eléctrica a los usuarios finales o cargas es decir este sistema abarca a las centrales de generación que son las que producen energía eléctrica que consumen las cargas; una red que transmite y otra que distribuye; para el transporte de esa energía desde las centrales hacia los puntos de consumo.

El Sistema Eléctrico de Potencia también incluye los equipos de protección, maniobra y medición al igual que los elementos de conexión mecánica a la Red; equipo que es necesario para que el suministro de la energía se lo haga de manera continua a una mejor calidad y con los costos más bajos posibles [1].

En la Figura 2.1 se indica las etapas del Sistema Eléctrico de Potencia:

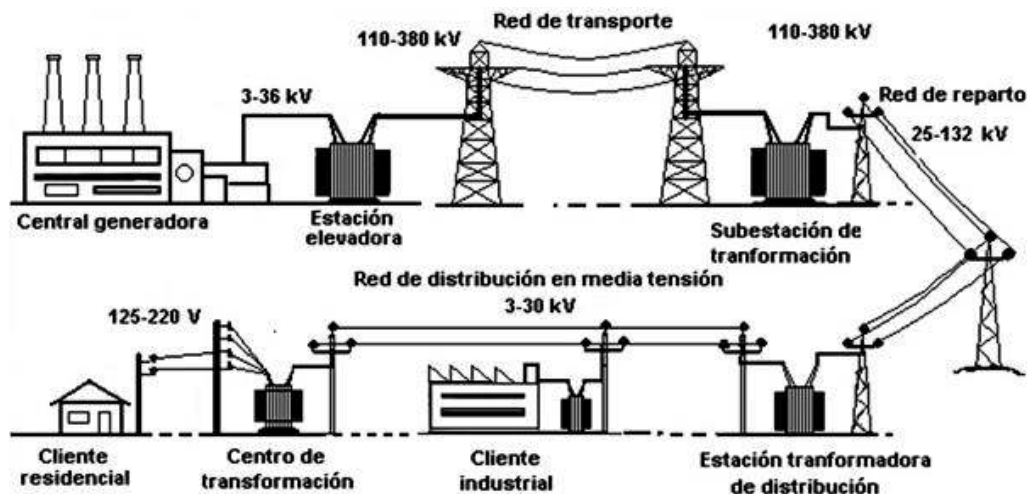


Figura 2.1. Sistema Eléctrico de Potencia

Fuente: "Introducción a los Sistemas de Potencia" Profesor Francisco M. González  
p. [http://fglongatt.org/OLD/Archivos/Archivos/SP\\_I/PPT-IntroSP.pdf](http://fglongatt.org/OLD/Archivos/Archivos/SP_I/PPT-IntroSP.pdf)

El presente proyecto se enmarcará en el análisis de los Transformadores de Distribución así que se hace referencia al Sistema de Distribución.

## **2.2 Sistema de Distribución**

Parte del Sistema Eléctrico de Potencia que realiza la distribución o repartición de la energía eléctrica a los centros de carga sean estos industriales o residenciales; es el último elemento del sistema de potencia antes de llegar a los consumidores

La distribución comprende las técnicas y los sistemas empleados para el transporte de la energía hasta los usuarios finales en el interior del área de consumo [2].

El Sistema de Distribución tiene las siguientes partes constitutivas:

- Subestaciones de Distribución
- Alimentadores Primarios
- Transformadores de Distribución
- Circuitos Secundarios

Aguas arriba del sistema de distribución se encuentra localizado el Sistema de Generación y Transmisión de Energía, mientras que aguas abajo se encuentran las cargas.

La distribución de energía eléctrica es una actividad cuyas técnicas se encuentran actualmente en un constante proceso de evolución tanto en equipos y herramientas utilizadas, estructuras, materiales de construcción de redes eléctricas, mantenimiento, métodos empleados en el dimensionamiento en el diseño y operación de los elementos constitutivos del sistema de distribución [3].

## **2.3 Transformador de Distribución**

El transformador eléctrico es una máquina eléctrica estática que modifica los valores de voltaje y corriente sin modificar el valor de la potencia de acuerdo a las necesidades específicas de cada caso.

El transformador de distribución es el encargado de la alimentación de los circuitos secundarios; reducen el voltaje del alimentador primario a los valores nominales o de utilización para el servicio de los consumidores.

Los valores nominales que definen a un transformador son:

- Potencia nominal (S)

- Voltaje ( $V$ )
- Corriente ( $I$ )
- Frecuencia ( $f$ )

Para el caso de los transformadores de distribución se va a tomar en consideración la Potencia Nominal en base al estudio de la demanda.

En la Figura 2.2 se indica a un transformador de distribución trifásico y otro monofásico:



**Figura 2.2.** Transformadores de distribución

**Fuente:** "Catálogo de Transformadores" DIPRELSA

p. <http://www.diprelsa.com/producto/transformadores-de-distribucion-convencionales/>

## 2.4 Demanda

Es la cantidad de potencia que un consumidor utiliza en cualquier instante de tiempo; es la carga o demanda de una instalación eléctrica en los terminales de recepción promediada en un intervalo de tiempo al que se denomina intervalo de demanda mismo que puede tomar un valor de 15, 30 o 60 minutos; pero por lo general se utiliza un valor de 15 minutos [3].

La Demanda al ser potencia se expresa en kilowatios (kW) o kilovoltamperio (kVA); a la demanda también se la denomina con el nombre de Capacidad.



$$Demanda = \frac{\int_0^{\Delta t} p dt}{\Delta t} = \frac{kWh}{h} = kW$$

### **Ecuación 2.1.** Definición de Demanda

Donde:

**p**= potencia instantánea en kW

**$\Delta t$** = intervalo de tiempo de la demanda (h)

La demanda tiene una gran importancia debido a las siguientes razones:

- Retiene todas las variaciones de la carga
- Refleja la Energía
- Es base para el dimensionamiento de equipos y sistemas
- Concepto clave para la planificación se sistemas de distribución.

### **2.5 Demanda Máxima (DM)**

Es la demanda más grande del año que ocurrió en uno de los intervalos analizados anualmente; es la ocurrencia probabilística ocasionando la no coincidencia entre las demandas máximas teniendo así como resultado que el factor de coincidencia siempre será menor a 1 [3].

Se conoce también como carga máxima.

#### **2.5.1 Demanda Máxima Coincidente**

Es la demanda máxima de dos o más clientes o consumidores alimentados por un solo transformador [3].

#### **2.5.2 Demanda Máxima Individual**

Es la demanda máxima obtenida del consumo de un solo cliente [3].

### **2.6 Capacidad Instalada**

Es la suma aritmética de todas las potencias nominales de los transformadores o generadores instalados a las líneas que suministran la potencia eléctrica a las cargas o usuarios finales; se la denomina también como capacidad nominal del sistema [3].

En la Figura 2.3 se puede observar la localización de la Capacidad Instalada (CI) en la curva de carga diaria.

## 2.7 Carga Instalada

Es la suma de todas las potencias nominales de los aparatos de consumo (cargas) que se encuentran conectados al sistema o a una parte de él [3].

En la Figura 2.3 se puede observar la localización de la Carga Instalada ( $PI$ ) en la curva de carga diaria.

## 2.8 Factor de Demanda ( $FD$ )

Es la razón entre la demanda máxima y la carga total instalada, el factor de demanda por lo general es menor a 1; siendo solamente 1 cuando en el intervalo de tiempo considerado todas las cargas conectadas al sistema estén absorbiendo sus potencias nominales, siendo muy poco probable.

$$FD = \frac{\text{Carga Máxima}}{\text{Carga Instalada}} = \frac{DM}{CI}$$

**Ecuación 2.2.** Factor de Demanda

El factor de demanda indica el grado al cual la carga total instalada opera simultáneamente es decir indica el porcentaje de la carga instalada que se está alimentando [3].

## 2.9 Factor de Utilización ( $FU$ )

Es la razón entre la demanda máxima y la capacidad nominal del sistema (capacidad instalada). Es decir:

$$FU = \frac{\text{Carga Máxima}}{\text{Capacidad Instalada}} = \frac{DM}{PI}$$

**Ecuación 2.3.** Factor de Utilización

El factor de utilización indica la fracción de la capacidad del sistema que se está utilizando durante el pico de carga del intervalo de tiempo considerado; indica la utilización máxima del equipo o la instalación [3].

## 2.10 Factor de Coincidencia ( $FC$ )

Es la relación entre la demanda máxima coincidente de un grupo de consumidores y la suma de las demandas de potencia máxima de consumidores individuales tomados en el mismo punto de alimentación para el mismo tiempo [3].

$$FC = \frac{\text{Demanda máxima coincidente}}{\text{suma de las demandas máximas individuales}} = \frac{DM_{\text{coincidente}}}{\sum DM_{\text{individuales}}}$$

#### Ecuación 2.4. Factor de Coincidencia

El factor de coincidencia indica el peso que tiene la demanda individual de un usuario en todo el sistema de distribución; es la no coincidencia entre las demandas máximas de un grupo de clientes conocidas como demandas diversificadas.

### 2.11 Factor de Diversidad (*Fdiv*)

Es la razón que existe entre la sumatoria de las demandas máximas individuales y la demanda máxima del conjunto o grupo de usuarios (demanda máxima coincidente). Es e inverso del factor de coincidencia [3].

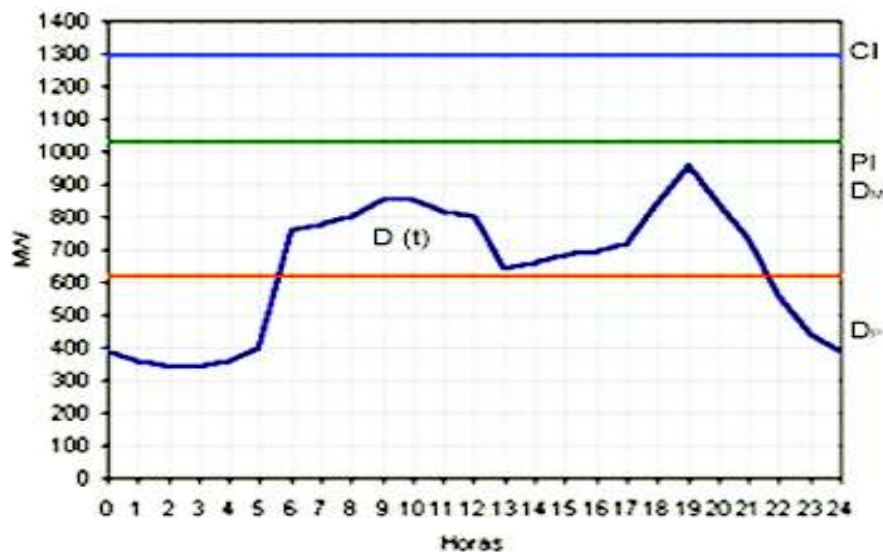
$$F_{div} = \frac{\sum DM_{\text{individuales}}}{DM_{\text{coincidente}}} = \frac{1}{FC}$$

#### Ecuación 2.5. Factor de Coincidencia

### 2.12 Curvas de Carga

Es la curva resultante de las demandas registradas en el intervalo de tiempo utilizado (generalmente 15 minutos) que presentan características específicas frente al tipo de carga que maneja el sistema. Se puede obtener entonces curvas de carga del tipo residencial, comercial, industrial o la combinación de estas [4].

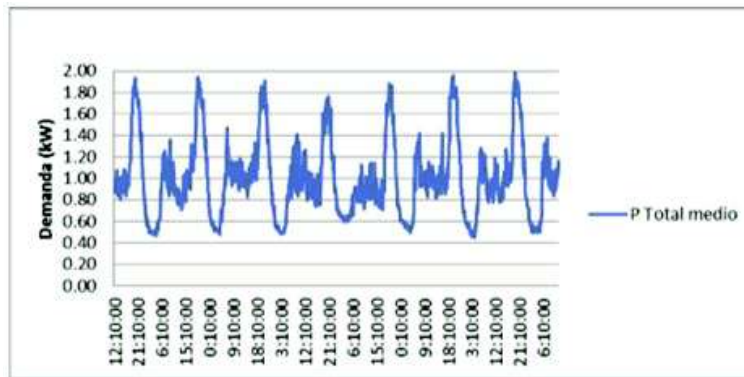
En la Figura 2.3 se indica la curva de carga diaria para cargas residenciales:



**Figura 2.3.** Curva de carga diaria para usuarios residenciales

**Fuente:** “Mejora del Factor de Utilización de Transformadores de Distribución de la Empresa Eléctrica Quito. Diana Haro” *pág.7. Repositorio Digital EPN 2015*

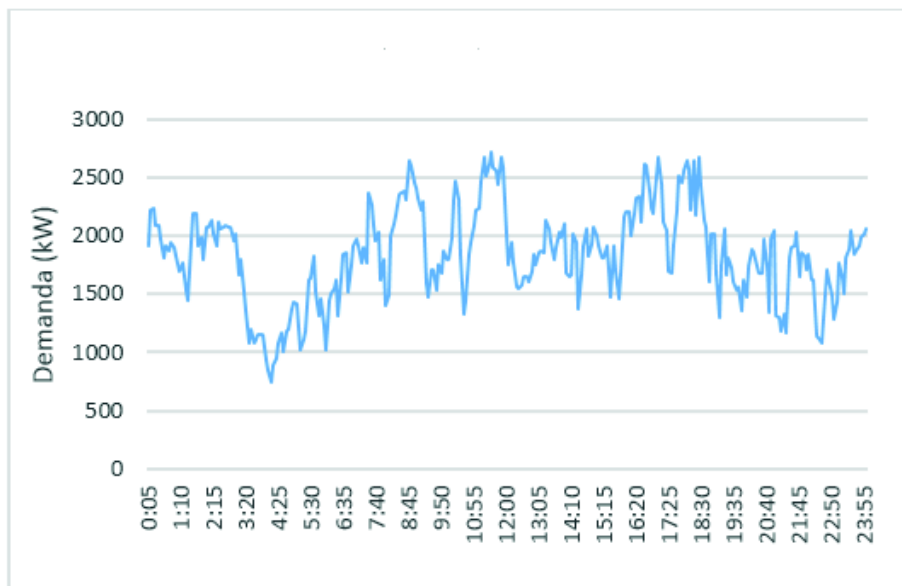
En la figura 2.4 se indica la curva de carga para cargas residenciales en fines de semana:



**Figura 2.4.** Curva de carga residencial para un fin de semana

**Fuente:** “Mejora del Factor de Utilización de Transformadores de Distribución de la Empresa Eléctrica Quito. Diana Haro” *pág.7. Repositorio Digital EPN 2015*

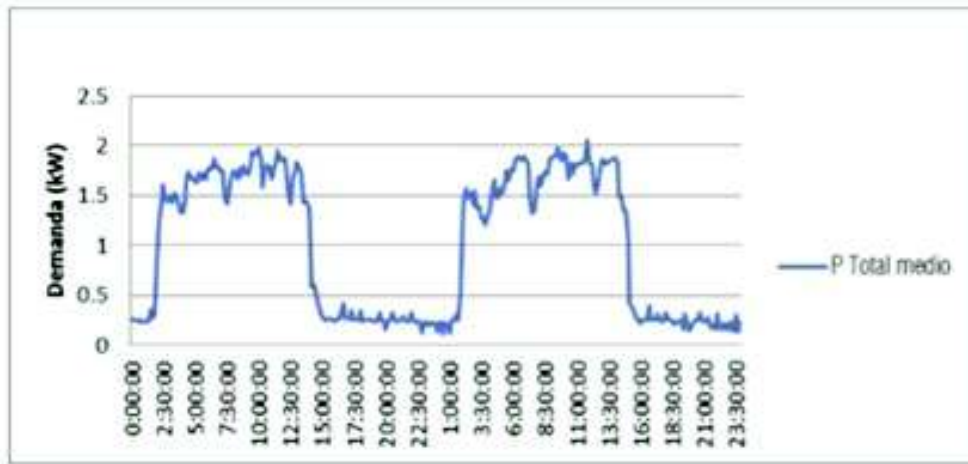
En la Figura 2.5 se indica la curva de carga diaria para cargas industriales



**Figura 2.5.** Curva de carga diaria para usuarios industriales

**Fuente:** “Mejora del Factor de Utilización de Transformadores de Distribución de la Empresa Eléctrica Quito. Diana Haro” *pág.8. Repositorio Digital EPN 2015*

Finalmente en la figura 2.6 se indica la curva de carga para cargas industriales en fin de semana:



**Figura 2.6.** Curva de carga industrial en fin de semana

**Fuente:** “Mejora del Factor de Utilización de Transformadores de Distribución de la Empresa Eléctrica Quito. Diana Haro” *pág.8. Repositorio Digital EPN 2015*

### **2.13 Factor de Simultaneidad ( $FS_n$ )**

Es la razón que existe entre la potencia eléctrica máxima que puede entregar un aparato o instalación eléctrica y la suma de las potencias nominales de todos los receptores que pueden conectarse a ella; dando como resultado un valor positivo menor a 1.

El valor de este coeficiente para cada caso es el fruto de la experiencia pero para algunos casos la normativa vigente fija el valor de estos coeficientes [5].

## **2.14 Dimensionamiento de Transformadores de Distribución**

### **2.14.1 Introducción**

A continuación se va a explicar las metodologías utilizadas para determinar la demanda de diseño que se utiliza en el dimensionamiento de transformadores de distribución.

Se hará énfasis primero a la metodología utilizada por la empresa Eléctrica Quito; debido a que esta es la normativa que vamos a analizar en el presente trabajo para su posible mejora; posteriormente se expondrá 3 metodologías internacionales para analizar su posible utilización en conjunto con una serie de recomendaciones de estimación de la demanda en los servicios generales para una optimización de la normativa vigente.

## **2.14.2. Procedimiento para la determinación de la capacidad del transformador para clientes del área de concesión de la Empresa Eléctrica Quito**

Como antecedente de esta normativa tenemos que hasta el año 2008 el procedimiento utilizado por la Empresa Eléctrica Quito para el dimensionamiento de la capacidad de los transformadores de distribución, era un procedimiento basado en la potencia de cada uno de los equipos eléctricos que un usuario residencial tipo podría instalar; es decir la metodología era simplemente sumar las potencias nominales (potencia de placa) de cada uno de los equipos que un usuario tipo puede llegar a tener; además del resultado de sumar las potencias nominales del equipamiento a colocarse en servicios generales utilizando el mismo procedimiento descrito anteriormente. Evidenciando un sobredimensionamiento en la capacidad de los transformadores de distribución, lo cual repercutía en una subutilización del transformador y un aumento en el nivel de pérdidas del sistema.

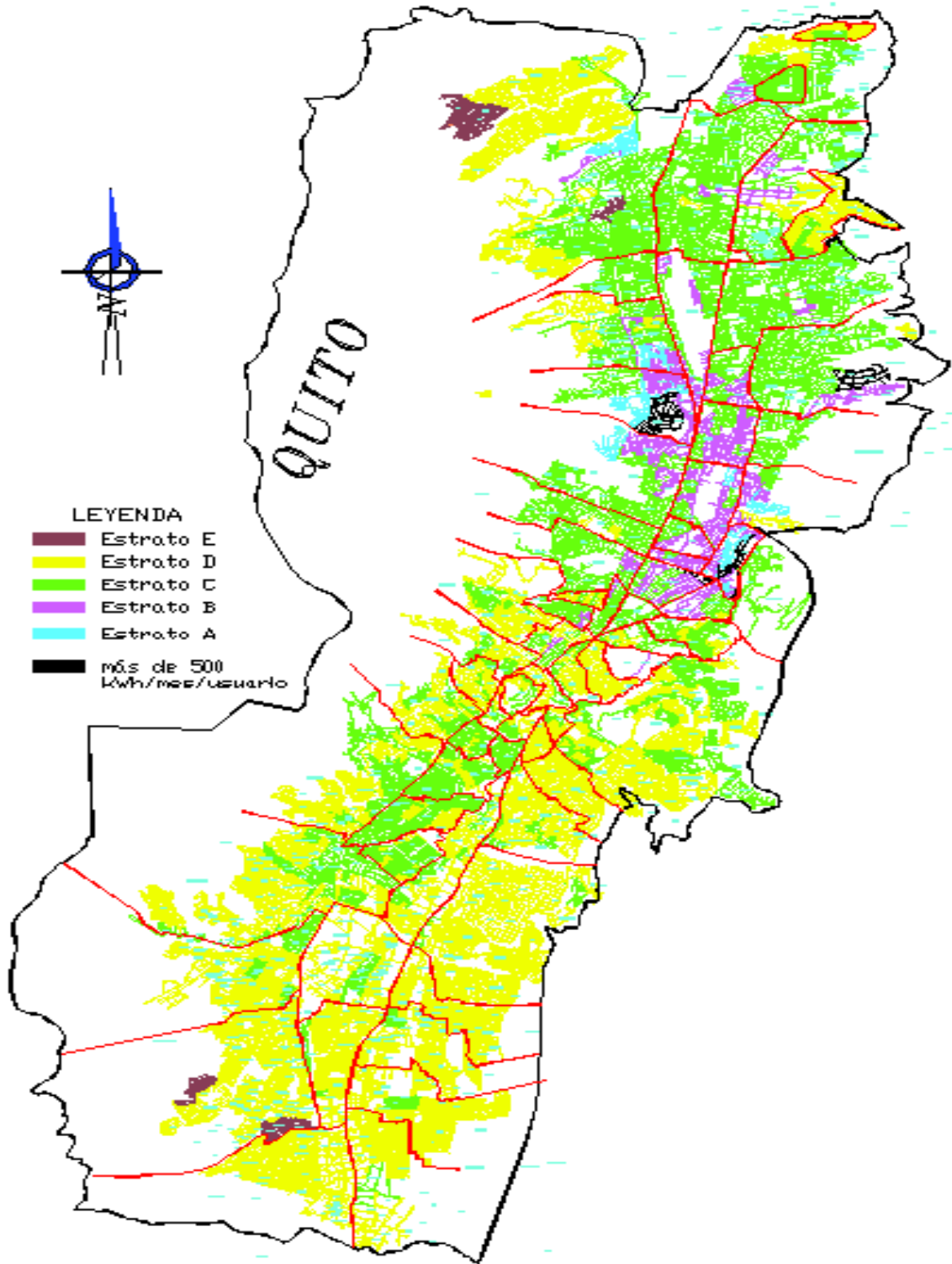
Debido a esta situación en el año 2009, la Empresa Eléctrica Quito conjuntamente con la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE), desarrolló una metodología basada en el Método de la REA (**R**ural **E**lectrification **A**dministration), la cual define la demanda en base a los consumos de los usuarios residenciales. Para el desarrollo del método aplicado a los usuarios del área de concesión de la Empresa Eléctrica Quito se utilizaron los datos de consumo obtenidos de registros de mediciones realizadas a usuarios residenciales desde el año 2000 hasta el año 2009. Mencionada metodología además de tomar en cuenta a los usuarios clasificados en estratos; desarrolla un procedimiento para la inclusión de la demanda de las cocinas de inducción.

### **2.14.2.1. Clasificación de consumidores del área de concesión de la Empresa Eléctrica Quito**

Las ordenanzas municipales establecen el uso y las características que deben tener las edificaciones a construir en las zonas determinadas para uso residencial. En dichas ordenanzas se establece que las zonas de uso residencial (*R*) son aquellas destinadas a vivienda dentro de esta clasificación y para efectos de regular la combinación de usos; el uso residencial se divide en las siguientes categorías: Residencial 1, Residencial 2, Residencial 3 y zonas de uso múltiple donde tiene áreas de centralidad en donde pueden coexistir residencia, comercio, y algunos tipos de usuarios industriales.

El análisis se hace principalmente para clientes residenciales; mismos del área de concesión de la Empresa Eléctrica Quito están clasificados en 5 estratos de consumo para determinar las demandas máximas coincidentes. Para definir el estrato de

consumo para un proyecto específico, hay que ubicar el sitio del proyecto, el cual debe estar geo referenciado; para proyectos en el área urbana se debe utilizar el plano de localización de estratos presentado en la figura 2.7:



**Figura 2.7.** Clasificación de usuarios por estratos según localización geográfica  
**Fuente:** “Análisis técnico justificativo para Normas para Sistemas de Distribución”

pág.12. Empresa Eléctrica Quito, Noviembre 2014

La Empresa Eléctrica Quito ha clasificado a los usuarios en estratos de acuerdo a la Tabla 2.1 presentada a continuación:

**Tabla 2.1.** Factores de demanda para iluminación y tomacorrientes

| <b>Estrato de Consumo</b> | <b>Escalas de consumo (kWh/mes/cliente)</b> |
|---------------------------|---|
| E                         | 0 – 100                                     |
| D                         | 101 – 150                                   |
| C                         | 151 – 250                                   |
| B                         | 251 – 350                                   |
| A                         | 351 – 500                                   |
| A1                        | 501 – 900                                   |

Para el caso de las cámaras de transformación que sirven a edificios residenciales y comerciales cuya localización geográfica es el centro norte de Quito, los estratos a los que se va a analizar son los A y B.

#### **2.14.2.2. Determinación de la Demanda de Diseño de Transformadores**

El procedimiento de dimensionamiento debemos seguir los siguientes pasos:

1. Encontramos el valor de la Demanda Máxima Diversificada (DMD); que se encuentran en la Tabla 3 sección A-11 páginas 4,5 y 6. Este valor considera la multiplicación de los factores M (factor de coincidencia) y N (energía consumida por mes según el tipo de estrato).
2. Una vez determinada la DMD procedemos a utilizar la siguiente ecuación:

$$DD = \frac{DMD + D_{PT}}{FP}$$

**Ecuación 2.5.** Demanda de diseño para Transformadores para edificios destinados a departamentos y locales comerciales

Donde:

**DD:** Demanda de diseño en los bornes secundarios del transformador (kVA)

**DMD:** Demanda máxima diversificada con cocinas de inducción (kW)



**DPT:** Demanda de pérdidas técnicas resistivas (en la red secundaria, en acometidas, en contadores de energía); cuyo valor es el 3,5% de la DMD y viene dada en (kW).

**FP:** Factor de potencia (0,95).

Debemos recalcar que en la ecuación 2.5 no tomamos en consideración la demanda destinada para el alumbrado público que si sería tomada en consideración si el transformador a localizarse va a energizar una red residencial urbana o rural normal (casas independientes no edificios de departamentos).

3. Si necesitamos incluir la demanda de cocinas de inducción debemos incluir el cálculos de la misma utilizando la ecuación 2.6; indicada a continuación:

$$DD = \frac{DMD + DMD_{CI} + D_{PT}}{FP}$$

**Ecuación 2.6.** Demanda de diseño del transformador

Donde:

**DD:** Demanda de diseño en los bornes secundarios del transformador (kVA)

**DMD:** Demanda máxima diversificada con cocinas de inducción (kW)

**DMD<sub>CI</sub>:** Demanda máxima diversificada de cocinas de inducción (kW)

**D<sub>PT</sub>:** Demanda de pérdidas técnicas resistivas (en la red secundaria, en acometidas, en contadores de energía) (kW)

**FP:** Factor de potencia (0,95)

Para determinar el valor de la demanda máxima diversificada para las cocinas de inducción debemos aplicar la Ecuación 2.7 indicada a continuación:

$$DMD_{CI} = 0,6 \times N_{CI} \times FC_{CI} \times DMU_{CI}$$

**Ecuación 2.7.** Demanda máxima diversificada para más de 5 usuarios con cocinas de inducción

Donde:

**DMD<sub>CI</sub>:** Demanda máxima diversificada en cocinas de inducción (kW)

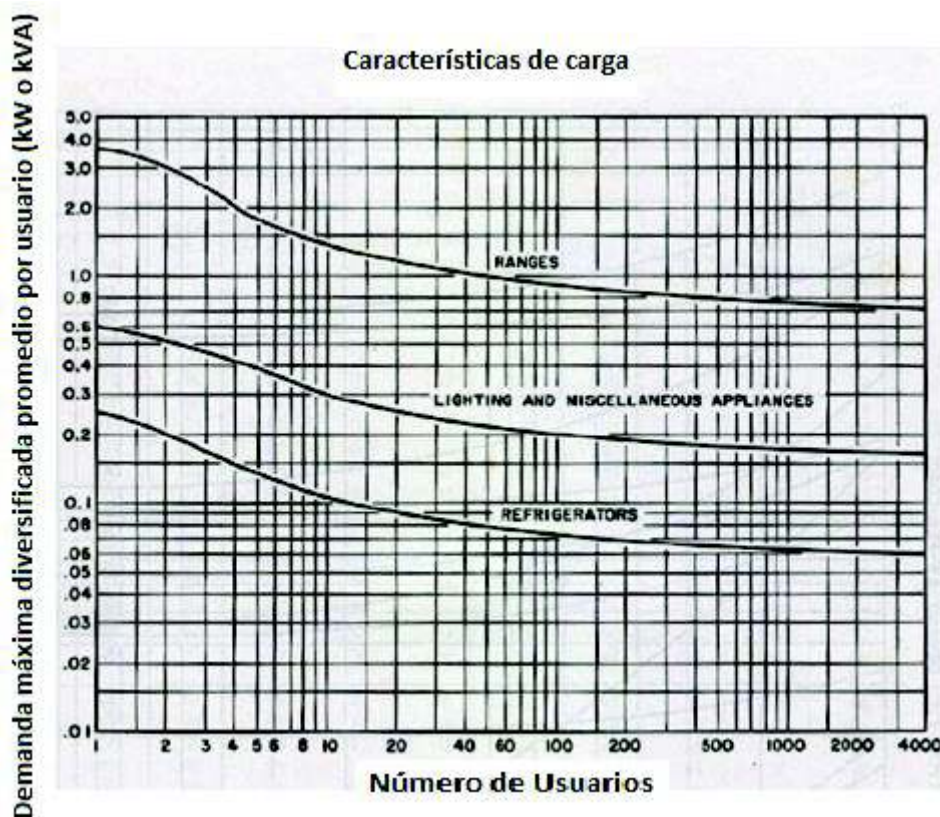
**N<sub>CI</sub>:** Número de cocinas de inducción

**FC<sub>CI</sub>:** Factor de coincidencia de cocinas de inducción

**DMU<sub>CI</sub>:** Demanda máxima unitaria de la cocina de inducción (kW))

El valor de la constante 0,6 en la Ecuación 2.7; se debe a que se toma las proporciones de la participación en los picos, en lugar del peso en cada pico. Es decir si se analiza la figura 4 podemos observar que la mayor incidencia de las cocinas de inducción se presenta de 10:00 a 12:00 con un 20% de participación de usos finales mientras que de 17:30 a 19:30 solo presenta un 12% de participación es decir que si comparamos la participación de las cocinas de inducción a la hora pico en la noche esta representa el 60% ( $\frac{12}{20} \times 100 = 60\%$ ) frente a la hora pico al medio día.

Para determinar los factores de coincidencia para las cocinas de inducción ( $FC_{CI}$ ) se analiza la demanda máxima diversificada, por número de equipos, en base a la curva "Ranges" mostrada en la Figura 2.8:



**Fig. 2.8.** Demanda máxima diversificada promedio de cocinas, refrigeradores y equipos misceláneos

**Fuente:** "Análisis técnico justificativo para Normas para Sistemas de Distribución" pág.13. Empresa Eléctrica Quito, Noviembre 2014

Aunque sin embargo se la puede calcular utilizando la Ecuación 2.8 presentada a continuación:

$$FC_{NCI} = e^{-0,7243} \times N_{CI}^{-0,128443} + 0,037$$

**Ecuación 2.8.** Factor de coincidencia para N cocinas eléctricas incluido Ncl

Donde:

**$FC_{Cl}$ :** Factor de coincidencia de N cocinas de inducción

**$N_{Cl}$ :** Número de equipos (cocinas de inducción)

La  $DMU_{Cl}$  se calcula de la siguiente manera:

$$DMU_{Cl} = fd \times P_{Cl} = 0,8 \times 4 = 3,2kW$$

**Ecuación 2.9.** Demanda máxima unitaria de 1 cocina

Donde:

**$fd$ :** Factor de demanda (0,8, valor obtenido de la tabla 2 del NEC)

**$P_{Cl}$ :** Potencia nominal de cocina de inducción (información proporcionada por el Ministerio de Electricidad y Energía Renovable).

La Ecuación 2.8 fue linealizada en base a las curvas presentadas en la figura 2.8 para calcular de una forma más exacta este valor; y esta ecuación como la Ecuación 2.7 fueron desarrolladas por el personal de la Empresa Eléctrica Quito tomando como base el método de la REA (Rural Electrification Administration).

4. Se determina la potencia de los usuarios en kVA; multiplicando la DD calculada en el punto anterior por un factor de demanda por cargas especiales cuyo valor viene dado según el tipo de estrato siendo para edificios generalmente un valor de 0,9.
5. Finalmente para determinar la potencia aparente del transformador debemos sumar la potencia de los usuarios y la potencia de los servicios generales; cuyo cálculo se realiza con el siguiente procedimiento:
  - Determinar los equipos que se van a implementar en el edificio: Iluminación y tomacorrientes para uso general, Bombas de Agua, Sistemas contra incendios, Ascensores; Puertas eléctricas; Ventiladores, etc.
  - Identificar la potencia nominal de cada equipo y multiplicar por la cantidad de elementos a instalarse.
  - Multiplicar por el factor de Simultaneidad (FSn) para obtener la demanda máxima unitaria (DMU); el factor de simultaneidad va a depender del equipo y es un dato que viene dado generalmente de la experiencia.

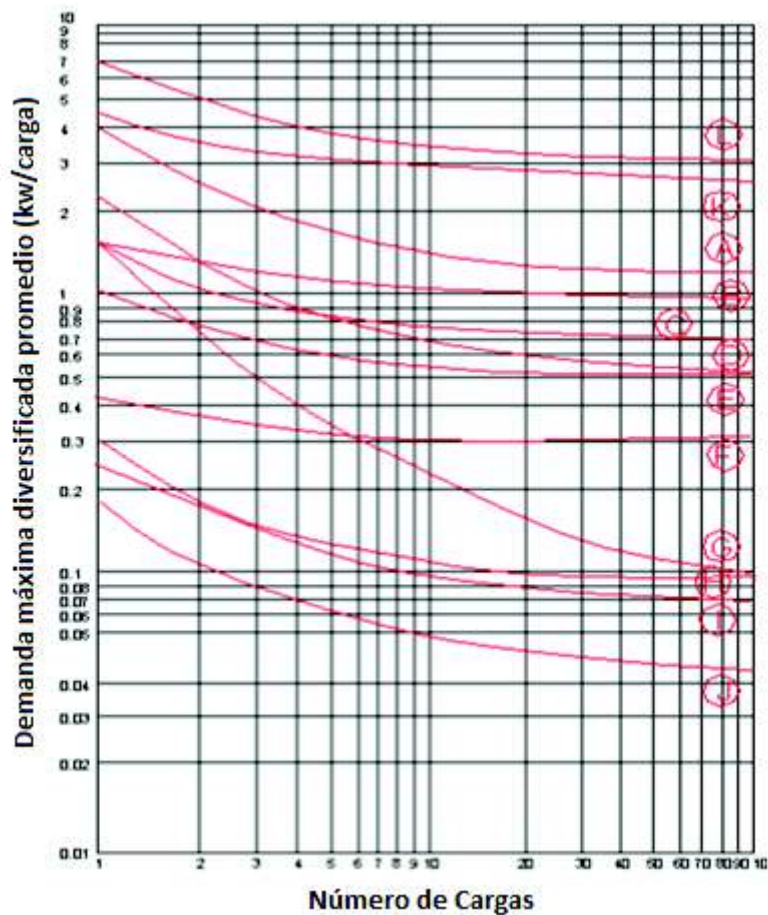
- Sumamos las demandas máximas unitarias de todos los equipos, a este valor lo dividimos para el factor de potencia (0,85) obteniendo así el valor de la Demanda Máxima Unitaria final a tomar en cuenta en el dimensionamiento del transformador sumado a la demanda de los departamentos y locales comerciales [6].

### **2.14.3 Método Analítico de Arvidson para determinar la demanda máxima de transformadores de distribución**

Arvidson C.E en su publicación titulada “Diversified demand method of estimating residential distribution transformer loads” desarrolló un método para estimar analíticamente las cargas de los transformadores de distribución en áreas residenciales por el método de demanda diversificada el cual tiene en cuenta la diversidad entre cargas similares y la no coincidencia de los picos de diferentes tipos de cargas.

Para tener en cuenta la no coincidencia de los picos de diferentes tipos de cargas Arvidson introdujo el “factor de variación horaria”, definido como la relación entre la demanda de un tipo particular de carga coincidente con la demanda máxima del grupo y la demanda máxima de ese tipo particular de carga. La figura 2.10 da los datos de las curvas de variación horaria para varios tipos de electrodomésticos.

La Figura 2.9 indica las curvas de varios tipos de electrodomésticos para determinar la demanda máxima diversificada promedio por consumidor en kW/carga; además de que cada curva representa un 100% de nivel de saturación para una demanda específica; es decir cuando la demanda diversificada representada en el eje vertical se estabiliza a medida que aumentan el número de cargas. A continuación se presenta en la Figura 2.9 las características de las demandas máximas diversificadas de algunos tipos de carga:



**Fig. 2.9.** Características de demanda máxima diversificada 30 minutos para varios tipos de carga residencial

**Fuente:** "Redes de Distribución de Energía"; Ramírez Castaño, pág.38. Centro de Publicaciones de la Universidad Nacional de Colombia, Noviembre 1993

- A. Secadora de ropa.
- B. Calentador de agua (fuera de pico).
- C. Calentador de agua (elementos no controlados).
- D. Estufa.
- E. Aparatos de iluminación y tomas misceláneos.
- F. Enfriadores de 0,5 hp
- G. Calentadores de agua (en el pico).
- H. Quemador de aceite.
- I. Congelador.
- J. Refrigerador.
- K. Aire acondicionado central.
- L. Calefacción departamento.

En este método se necesita también los factores de variación horaria mismos que se presentan en la Figura 2.10:

| Hora  | Iluminación y tomas misceláneos | Refrigerador | Congelador | Estufa | Aire acondicionado * | Bomba de calor |        | Calefacción de vivienda * | Calentador de agua †         |                                  |                          | Secadora de ropa § |
|-------|---------------------------------|--------------|------------|--------|----------------------|----------------|--------|---------------------------|------------------------------|----------------------------------|--------------------------|--------------------|
|       |                                 |              |            |        |                      | Invierno       | Verano |                           | OPHW ‡                       |                                  | Elementos no controlados |                    |
|       |                                 |              |            |        |                      |                |        |                           | ambos elementos restringidos | solo bajo elementos restringidos |                          |                    |
| 12 AM | 0.32                            | 0.93         | 0.92       | 0.02   | 0.40                 | 0.42           | 0.34   | 0.11                      | 0.41                         | 0.61                             | 0.51                     | 0.03               |
| 1     | 0.12                            | 0.89         | 0.90       | 0.01   | 0.39                 | 0.35           | 0.49   | 0.07                      | 0.33                         | 0.46                             | 0.37                     | 0.02               |
| 2     | 0.10                            | 0.80         | 0.87       | 0.01   | 0.36                 | 0.35           | 0.51   | 0.09                      | 0.25                         | 0.34                             | 0.30                     | 0                  |
| 3     | 0.09                            | 0.76         | 0.85       | 0.01   | 0.35                 | 0.28           | 0.54   | 0.08                      | 0.17                         | 0.24                             | 0.22                     | 0                  |
| 4     | 0.08                            | 0.79         | 0.82       | 0.01   | 0.35                 | 0.28           | 0.57   | 0.13                      | 0.13                         | 0.19                             | 0.15                     | 0                  |
| 5     | 0.10                            | 0.72         | 0.84       | 0.02   | 0.33                 | 0.26           | 0.63   | 0.15                      | 0.13                         | 0.19                             | 0.14                     | 0                  |
| 6     | 0.19                            | 0.75         | 0.85       | 0.05   | 0.30                 | 0.26           | 0.74   | 0.17                      | 0.17                         | 0.24                             | 0.16                     | 0                  |
| 7     | 0.41                            | 0.75         | 0.85       | 0.30   | 0.41                 | 0.35           | 1.00   | 0.76                      | 0.27                         | 0.37                             | 0.46                     | 0                  |
| 8     | 0.35                            | 0.79         | 0.86       | 0.47   | 0.53                 | 0.49           | 0.91   | 1.00                      | 0.47                         | 0.65                             | 0.70                     | 0.08               |
| 9     | 0.31                            | 0.79         | 0.86       | 0.28   | 0.62                 | 0.58           | 0.83   | 0.97                      | 0.63                         | 0.87                             | 1.00                     | 0.20               |
| 10    | 0.31                            | 0.79         | 0.87       | 0.22   | 0.72                 | 0.70           | 0.74   | 0.68                      | 0.67                         | 0.93                             | 1.00                     | 0.65               |
| 11    | 0.30                            | 0.85         | 0.90       | 0.22   | 0.74                 | 0.73           | 0.60   | 0.57                      | 0.67                         | 0.93                             | 0.99                     | 1.00               |
| 12 M  | 0.28                            | 0.85         | 0.92       | 0.33   | 0.80                 | 0.84           | 0.57   | 0.55                      | 0.67                         | 0.93                             | 0.98                     | 0.98               |
| 1     | 0.26                            | 0.87         | 0.96       | 0.25   | 0.86                 | 0.88           | 0.49   | 0.51                      | 0.61                         | 0.85                             | 0.86                     | 0.70               |
| 2     | 0.29                            | 0.90         | 0.98       | 0.16   | 0.89                 | 0.95           | 0.46   | 0.49                      | 0.55                         | 0.76                             | 0.82                     | 0.65               |
| 3     | 0.30                            | 0.90         | 0.99       | 0.17   | 0.96                 | 1.00           | 0.40   | 0.48                      | 0.49                         | 0.68                             | 0.81                     | 0.63               |
| 4     | 0.32                            | 0.90         | 1.00       | 0.24   | 0.97                 | 1.00           | 0.43   | 0.44                      | 0.33                         | 0.46                             | 0.79                     | 0.38               |
| 5     | 0.70                            | 0.90         | 1.00       | 0.80   | 0.99                 | 1.00           | 0.43   | 0.79                      | 0                            | 0.09                             | 0.75                     | 0.30               |
| 6     | 0.92                            | 0.90         | 0.99       | 1.00   | 1.00                 | 1.00           | 0.49   | 0.88                      | 0                            | 0.13                             | 0.75                     | 0.22               |
| 7     | 1.00                            | 0.95         | 0.98       | 0.30   | 0.91                 | 0.88           | 0.51   | 0.76                      | 0                            | 0.19                             | 0.80                     | 0.26               |
| 8     | 0.95                            | 1.00         | 0.98       | 0.12   | 0.79                 | 0.73           | 0.60   | 0.54                      | 1.00                         | 1.00                             | 0.81                     | 0.20               |
| 9     | 0.85                            | 0.95         | 0.97       | 0.09   | 0.71                 | 0.72           | 0.54   | 0.42                      | 0.84                         | 0.98                             | 0.73                     | 0.18               |
| 10    | 0.72                            | 0.88         | 0.96       | 0.05   | 0.64                 | 0.53           | 0.51   | 0.27                      | 0.67                         | 0.77                             | 0.67                     | 0.10               |
| 11    | 0.50                            | 0.88         | 0.95       | 0.04   | 0.55                 | 0.49           | 0.34   | 0.23                      | 0.54                         | 0.69                             | 0.59                     | 0.04               |
| 12 PM | 0.32                            | 0.93         | 0.92       | 0.02   | 0.40                 | 0.42           | 0.34   | 0.11                      | 0.44                         | 0.61                             | 0.51                     | 0.03               |

**Fig. 2.10.** Factores de variación horaria

**Fuente:** "Redes de Distribución de Energía"; Ramírez Castaño, pág.39. Centro de Publicaciones de la Universidad Nacional de Colombia, Noviembre 1993

Para aplicar el método Arvidson para determinar la demanda máxima diversificada para un nivel de saturación y electrodoméstico, se sugieren los siguientes pasos:

- Determinar el número total de electrodomésticos, multiplicar el número total de consumidores por el valor de saturación en p.u.
- Leer la demanda diversificada correspondiente por consumidor de la curva en la Figura 2.9, para el número dado de electrodomésticos.

- c) Determinar la demanda máxima, multiplicando la demanda encontrada en el paso b) por el número total de electrodomésticos.
- d) Determinar la contribución de este tipo de carga a la demanda máxima del grupo, multiplicando el valor resultante del paso c) por el correspondiente factor de variación horaria encontrado en la figura 2.10.
- e) Se selecciona el mayor valor de demanda diversificada total horaria de acuerdo a los cálculos realizados que dependen del número de usuarios; el factor de variación horaria; la demanda máxima diversificada y las horas; y este valor más alto se considera como la demanda de diseño a considerar en el dimensionamiento del transformador.
- f) Finalmente a esa demanda de diseño se le multiplica por un factor de seguridad del 25% para seleccionar un valor nominal de transformador [7].

#### **2.14.4 Dimensionamiento del transformador de distribución mediante la normativa del código eléctrico americano (NEC).**

El Código Eléctrico Nacional (NEC) o NFPA 70 , es un estándar regionalmente adoptado para la instalación segura de cableado eléctrico y equipos en los Estados Unidos . Es parte de la serie National Fire Codes publicada por la National Fire Protection Association (NFPA), una asociación de comercio privado. A pesar del uso del término "nacional", no es una ley federal. Típicamente es adoptado por los estados y municipios en un esfuerzo por estandarizar su aplicación de prácticas eléctricas seguras. En algunos casos, el NEC se modifica, se altera e incluso se puede rechazar en lugar de las regulaciones regionales según lo votado por los órganos de gobierno locales.

Esta normativa nos indica que para el dimensionamiento de los transformadores de distribución para edificios de departamentos o locales comerciales debemos seguir los siguientes criterios:

1. Separar las cargas que se van a tomar en cuenta en el dimensionamiento por categorías mismas que van a ser las siguientes:
  - **Categoría A1:**  $\Sigma$  de todas las cargas de iluminación incluyendo la iluminación de los servicios generales.
  - **Categoría B1:**  $\Sigma$  de todas las cargas de tomacorrientes incluidos los que se va a utilizar en los servicios generales.
  - **Categoría C1:**  $\Sigma$  de todos los circuitos de cargas especiales: Cocinas eléctricas, lavadoras y secadoras, Calentadores de agua, etc.

- **Categoría D1:**  $\Sigma$  de todas las cargas de servicios generales sin tomar en cuenta la iluminación y los tomacorrientes puesto que ya se tomó en cuenta en las categorías anteriores.
2. Una vez separados por categorías las cargas se procede a realizar los cálculos de las demandas de cada una de las categorías de la siguiente manera:
- Sumar la potencia de las categorías A1 y B1 y multiplicar por los siguientes factores de demanda:

**Tabla 2.2.** Factores de demanda para iluminación y tomacorrientes

| Potencia             | Factores de demanda (FD) |
|----------------------|--------------------------|
| Primeros 3000 VA     | 1 (100%)                 |
| Siguientes 120000 VA | 0,35 (35%)               |
| Potencia restante    | 0,25 (25%)               |

- Una vez realizada la multiplicación por los factores de demanda correspondientes se suma los resultados obtenidos y a este valor se le designará como Total 1.
- Se multiplica los elementos de la categoría C1 por el factor de demanda correspondiente según sea la carga:

**Tabla 2.3.** Factores de demanda de cargas típicas

| Tipo de Carga        | Factor de demanda (FD) |
|----------------------|------------------------|
| Cocina               | 0,28                   |
| Calentador de Agua   | 0,25                   |
| Lavadoras y Secadora | 0,20                   |
| Acondicionadores     | 1                      |

- Una vez realizada la multiplicación por los factores de demanda correspondientes se suma los resultados obtenidos y a este valor se le designará como Total 2.
- Para los elementos de la categoría D1 en la que principalmente se hace referencia a motores se debe tomar en cuenta al de mayor potencia aparente multiplicando la misma por 1,25 (125%).



El resultado se le debe sumar a la potencia aparente del resto de motores; pero en el caso de que sean bombas se toma en consideración para el cálculo solo al 50% de estas. Se toma el resultado obtenido y se le denomina Total 3.

3. Se calcula finalmente la carga actual instalada que será el resultado de sumar los totales parciales (Total 1, Total 2, Total 3) y este valor se tomará en cuenta para la selección del transformador cuyo valor nominal será el más aproximado al obtenido en este cálculo.

Adicional a lo mencionado en los puntos anteriores debemos considerar los siguientes criterios para los estratos A y B:

- 14 salidas de iluminación para cada departamento de 100 (VA) cada una; como criterio de dimensionamiento.
- 23 tomacorrientes para cada departamento de 200 (VA) cada una, como criterio de dimensionamiento.
- 1 calentador de agua para cada departamento con una potencia de 3000 (VA).
- 1 cocina para cada departamento con una potencia de 8000 (VA).
- 1 lavadora y secadora para cada departamento con una potencia en conjunto de 6500 (VA).
- Las salidas de iluminación y tomacorrientes para locales comerciales tendrán una potencia igual a la considerada en los departamentos.
- La potencia para las salidas de iluminación de los servicios generales va a depender de cada luminaria mientras que para los tomacorrientes se va a considerar la misma potencia utilizada en departamentos y locales comerciales [8].

#### **2.14.5 Dimensionamiento del transformador mediante la previsión de cargas del REGLAMENTO ELECTROTÉCNICO PARA BAJA TENSIÓN E INSTRUCCIONES TÉCNICAS COMPLEMENTARIAS (R.B.T).**

El Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión de España, también conocido por sus siglas (RBT), tiene por objeto establecer el marco de las condiciones técnicas y garantías que deben reunir las instalaciones eléctricas conectadas a una fuente de suministro en los límites de baja tensión, con la finalidad de preservar la seguridad de las personas y los bienes, asegurar el normal funcionamiento de dichas instalaciones y

prevenir las perturbaciones en otras instalaciones y servicios y contribuir a la fiabilidad técnica y a la eficiencia económica de las instalaciones. Las instrucciones técnicas complementarias desarrollaban aspectos específicos del mismo.

Las mencionadas instrucciones técnicas complementarias se las denomina con las siglas ITCs; mismas que vienen enlistadas de la siguiente manera la tabla

**Tabla 2.4.** Factores de demanda de cargas típicas

| <b>Instrucción</b> | <b>Título</b>  |
|--------------------|--|
| ITC-BT-01          | Terminología   |
| ITC-BT-02          | Normas de referencia en el Reglamento Electrotécnico de baja tensión                         |
| ITC-BT-03          | Instaladores autorizados y empresas instaladoras autorizadas                                 |
| ITC-BT-04          | Documentación y puesta en servicio de instalaciones  |
| ITC-BT-05          | Verificación e inspecciones  |
| ITC-BT-06          | Redes aéreas para distribución en baja tensión   |
| ITC-BT-07          | Redes subterráneas para distribución en baja tensión   |
| ITC-BT-08          | Sistemas de conexión del neutro y de las masas en redes de distribución de energía eléctrica |
| ITC-BT-09          | Instalaciones de alumbrado exterior  |
| ITC-BT-10          | Previsión de cargas para suministros en baja tensión   |
| ITC-BT-11          | Redes de distribución de energía eléctrica y acometidas                                      |
| ITC-BT-12          | Instalaciones de Enlace. Esquemas  |
| ITC-BT-13          | Instalaciones de enlace. Cajas generales de protección                                       |
| ITC-BT-14          | Instalaciones de enlace. Línea general de alimentación                                       |
| ITC-BT-15          | Instalaciones de enlace. Derivaciones individuales   |
| ITC-BT-16          | Instalaciones de enlace. Contadores: ubicación y sistemas de alimentación                    |

|           |  |
|-----------|--|
| ITC-BT-17 | Instalaciones de enlace. Dispositivos generales e individuales de mando y protección. Interruptor de control de potencia |
| ITC-BT-18 | Instalaciones de puesta a tierra   |

Las instrucciones técnicas complementarias que vamos a tomar como referencia son aquellas en donde mencionan a Instalaciones de enlace mismas que mencionan que la carga total a tomar en cuenta en el dimensionamiento del transformador de un edificio es el resultado de la suma de la carga correspondiente al conjunto de departamentos, de los servicios generales, y los locales comerciales que forman parte del mismo.

La Tabla 2.5 nos indica la clasificación que hacen de acuerdo al grado de electrificación de acuerdo a la superficie y la potencia que se da a cada grado de electrificación:

**Tabla 2.5.** Clasificación de departamentos según superficie y grado de electrificación

|                                     | Grado de electrificación |                    |                    |
|-------------------------------------|--------------------------|--------------------|--------------------|
|                                     | Mínimo                   | Medio              | Elevado            |
| <b>Superficie útil máxima</b>       | 80 m <sup>2</sup>        | 150 m <sup>2</sup> | 200 m <sup>2</sup> |
| <b>Previsión Máxima de Potencia</b> | 3000 W                   | 5000 W             | 8000 W             |

La carga total se calculará de acuerdo a los siguientes procedimientos:

#### **2.14.6 Carga correspondiente a un conjunto de departamentos:**

Se obtiene multiplicando el número de departamentos por la potencia máxima prevista para cada una según el grado de electrificación; pero a este valor se le multiplica por el coeficiente de simultaneidad indicado en la Tabla 2.6 indicada a continuación:

**Tabla 2.6.** Coeficiente de simultaneidad, según el número de departamentos

| Número de Departamentos | Coeficiente de Simultaneidad |
|-------------------------|------------------------------|
| 1                       | 1                            |
| 2                       | 2                            |
| 3                       | 3                            |
| 4                       | 3,8                          |
| 5                       | 4,6                          |
| 6                       | 5,4                          |
| 7                       | 6,2                          |
| 8                       | 7                            |
| 9                       | 7,8                          |
| 10                      | 8,5                          |
| 11                      | 9,2                          |
| 12                      | 9,9                          |
| 13                      | 10,6                         |
| 14                      | 11,3                         |
| 15                      | 11,9                         |
| 16                      | 12,5                         |
| 17                      | 13,1                         |
| 18                      | 13,7                         |
| 19                      | 14,3                         |
| 20                      | 14,8                         |
| 21                      | 15,3                         |
| n>21                    | $15,3+(n-21) \times 0,5$     |

Sin embargo se puede utilizar directamente la hoja de interpretación n° 14 del R.B.T. misma que hace referencia directamente a la previsión de carga del conjunto de departamentos de acuerdo con el número de abonados, grado de electrificación y coeficiente de simultaneidad indicado en la Tabla 2.6.

Para el cálculo de la potencia de un número de abonados se tomará en cuenta en primer término la carga total máxima correspondiente al grupo o grupos anteriores y a esta se le sumará el producto del número de abonados en cuestión, disminuido en el número máximo de abonados de los grupos inmediatos anteriores, por la potencia y por el coeficiente de simultaneidad, según el nivel de electrificación.

De similar forma a la metodología utilizada por la Empresa Eléctrica Quito; en la instrucción complementaria 14 (ITC-BT-14) tenemos una tabla donde dependiendo del número de usuarios y el grado de electrificación tenemos directamente la previsión de potencia en kW para departamentos misma que presentamos en la Tabla 2.7:

**Tabla 2.7.** Potencia en kW según número de abonados y grado de electrificación

| Nº de Abonados | Grado de electrificación |       |         |
|----------------|--------------------------|-------|---------|
|                | Mínimo                   | Medio | Elevado |
| 1              | 3                        | 5     | 8       |
| 2              | 6                        | 10    | 14,4    |
| 3              | 9                        | 15    | 20,8    |
| 4              | 12                       | 20    | 27,2    |
| 5              | 14,4                     | 24    | 32,8    |
| 6              | 16,8                     | 28    | 38,4    |
| 7              | 19,2                     | 32    | 44      |
| 8              | 21,6                     | 36    | 49,6    |
| 9              | 24                       | 40    | 55,2    |
| 10             | 26,4                     | 44    | 60,8    |
| 11             | 28,8                     | 48    | 66,4    |
| 12             | 31,2                     | 52    | 72      |
| 13             | 33,6                     | 56    | 77,6    |
| 14             | 36                       | 60    | 83,2    |
| 15             | 38,4                     | 64    | 88,8    |
| 16             | 40,2                     | 67    | 92,8    |
| 17             | 42                       | 70    | 96,8    |
| 18             | 43,8                     | 73    | 100,8   |
| 19             | 45,6                     | 76    | 104,8   |
| 20             | 47,4                     | 79    | 108,8   |
| 21             | 49,2                     | 82    | 112,8   |
| 22             | 51                       | 85    | 116,8   |
| 23             | 52,8                     | 88    | 120,8   |
| 24             | 54,6                     | 91    | 124,8   |
| 25             | 56,4                     | 94    | 128,8   |
| 26             | 57,9                     | 96,5  | 132     |
| 27             | 59,4                     | 99    | 135,2   |
| 28             | 60,9                     | 101,5 | 138,4   |
| 29             | 62,4                     | 104   | 141,6   |
| 30             | 63,9                     | 106,5 | 144,8   |

Para obtener los valores correspondientes a un número de abonados superior al de la tabla anterior, bastará añadir por cada abonado más; 1,5 kW para electrificación mínima; 2,5 kW para la media y 3,2 kW para la elevada.

Si en un edificio se presentasen varios grupos de departamentos con un diferente nivel de electrificación, se tratará cada grupo como si fuese único y se sumarán los valores resultantes de ellos para obtener la carga total.

### **2.14.7 Carga correspondiente a los servicios generales:**

Será la suma de la potencia prevista en ascensores, sistemas contraincendios, bombas de agua, sistemas de ventilación, presurización, alumbrado de portales y espacios comunales, tomacorrientes de uso general, y todo el servicio eléctrico general del edificio sin aplicar ningún factor de reducción por simultaneidad (factor de simultaneidad =1).

### **2.14.8 Carga correspondiente a locales comerciales y oficinas:**

Se calculará considerando un mínimo de 100W por metro cuadrado y planta, con un mínimo de 3000W por abonado y coeficiente de simultaneidad de 1 [9].

Como ya se mencionó anteriormente además de analizar la normativa vigente en la Empresa Eléctrica Quito; y la revisión de metodologías y normativas internacionales para el dimensionamiento de transformadores, se va a comprobar los resultados obtenidos con cada una de las metodologías con las mediciones y cálculos obtenidos en las cámaras de transformación. Para las mediciones y obtención de datos se utiliza un analizador de red que se describe a continuación:

### **2.15 Analizador FLUKE 1744**

Son registradores trifásicos que miden y analizan la calidad de la energía eléctrica; estos instrumentos pueden registrar simultáneamente un máximo de 500 parámetros de medición durante 85 días y realizar una captura de los eventos registrados. Sirven para detectar problemas que no son permanentes y difíciles de detectar, relacionados con la calidad del suministro eléctrico; una vez tomados los datos mediante el software PQ Log, se evalúa rápidamente las mediciones realizadas.

Entre las aplicaciones que tiene este equipo de medición se encuentran las siguientes:

- Análisis de perturbaciones
- Verificación de la calidad del servicio conforme a las normas aplicables
- Estudios de calidad de la energía eléctrica
- Estudios de carga
- Evaluación de la potencia y calidad de la energía eléctrica

En la Figura 2.11 se presenta una imagen del equipo utilizado para las mediciones correspondientes:



**Fig. 2.11.** Fluke 1744

**Fuente:** “Catálogo de analizadores trifásicos FLUKE” p.

<http://www.fluke.com/fluke/eces/medidores-de-calidad-de-la-energia-electrica/logging-power-meters/fluke-1740-series.htm?pid=56029>

Estos analizadores fueron instalados en las cámaras de transformación para la toma de las mediciones correspondientes mismas que como ya se describió anteriormente se obtiene diferentes parámetros eléctricos así como curvas de carga características, análisis de armónicos entre otras [10].

De todas esas mediciones se va a tomar como referencia la Demanda máxima siguientes para el desarrollo del presente trabajo; con estas mediciones se calcula los factores de utilización reales; entregados en reportes mismos que se pueden apreciar en los anexos adjuntos a este trabajo; ahí también se incluye la capacidad del transformador que actualmente se encuentra instalado en las cámaras de transformación de los edificios a ser analizados.

## CAPÍTULO 3

### 3. APLICACIÓN PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE LOS TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN

El presente proyecto se desarrolló por medio de varias etapas o fases y a continuación se va a presentar el desarrollo del trabajo; se procederá a realizar el dimensionamiento del transformador utilizando los métodos descritos anteriormente; y con estos resultados se procederá a comparar los resultados obtenidos con la capacidad de los transformadores instalados actualmente y que fueron dimensionados en base a la normativa vigente en la Empresa Eléctrica Quito.

A estos análisis se van a realizar una serie de recomendaciones en base a la normativa vigente y mejorar la estimación de la capacidad de los transformadores de distribución a utilizarse en edificios destinados a departamentos y locales comerciales; debido a que en este tipo de edificaciones las mediciones de los factores de utilización reales indican un sobredimensionamiento de acuerdo a los valores y datos entregados por la Empresa Eléctrica Quito.

#### 3.1 Selección de los edificios

La Empresa Eléctrica Quito por medio del Departamento de Control de Calidad y Pérdidas Técnicas proporcionó la información de edificios localizados en el centro norte de Quito; esta información es correspondiente al cálculo de aprobación de los transformadores y las mediciones realizadas en los mismos.

En base a este levantamiento de información la muestra con la que se va a trabajar y los edificios en los que se va a intervenir son los siguientes:

1. Montpellier
2. Terrazas del Tenis
3. Baru
4. Azai
5. Aura
6. Tamayo 6266
7. Madeyra
8. Mabec Coruña



9. Metro

10. Córdoba Plaza

### **3.1.1. Antecedentes de los edificios a ser analizados**

#### **3.1.1.1 Edificio Montpellier**

Este edificio consta de: 19 departamentos con clientes de Estrato B, 2 locales comerciales, 3 subsuelos donde se localizan los parqueaderos y bodegas, servicios generales mismos que tienen el siguiente equipamiento:

- 12 luces de exteriores con 75 W cada una
- 1 bomba de agua de 5 HP
- 1 Bomba de Incendios 7,5 HP
- 28 luces de parqueaderos de 80 W cada una
- 19 luces para iluminación de bodegas de 60 W cada una
- 23 luces para iluminación de gradas de 60 W cada una
- 4 tomacorrientes localizados en los parqueaderos de 150 W cada uno
- 1 ascensor de 5 HP
- 30 lámparas de emergencia de 40 W cada una
- 1 motor para puerta eléctrica de  $\frac{3}{4}$  HP
- 6 luces para iluminación de la sala comunal de 64 W cada una
- 4 tomacorrientes para la sala comunal de 150 W cada uno
- 3 tomacorrientes localizados en las garitas de los guardias de 150 W
- 6 luces para gimnasio de 50 W cada una
- 2 luces localizados en las garitas de los guardias de 100 W
- 8 luces localizadas en la terraza de 60 W

#### **3.1.1.2 Edificio Terrazas del Tenis**

Este edificio consta de: 25 departamentos con clientes de Estrato B, 3 subsuelos donde se localizan los parqueaderos y bodegas, servicios generales mismos que tienen el siguiente equipamiento:

- 100 luces para iluminación de 50 W cada una
- 30 tomacorrientes de 200 W cada uno
- 2 bombas de agua con una potencia de 5250 W cada una
- 1 ascensor de 12 kW
- 27 luces para iluminación de parqueaderos de 20 W cada una
- 1 motor para puerta eléctrica de 1500 W

### **3.1.1.3 Edificio Baru**

Este edificio consta de: 29 departamentos con clientes de Estrato B, 2 subsuelos donde se localizan los parqueaderos, servicios generales mismos que tienen el siguiente equipamiento:

- 43 luces para iluminación de 64 W cada una
- 44 luces para iluminación de 64 W cada una
- 34 luces para iluminación de 40 W cada una
- 4 luces para iluminación de 50 W cada una
- 65 apliques de pared de 26 W cada una
- 7 luminarias de 42 W
- 80 tomacorrientes de 150 W
- 2 bombas de agua de 11250 W cada una
- 1 bomba contra incendios de 30 kW
- 1 bomba de 3750 W
- 1 ascensor de 9 kW
- 1 bomba de presurización de 3750 W
- 3 bombas de calor de 5000 W cada una
- 2 extractores de 500 W
- 2 puertas eléctricas de 750 W

#### **3.1.1.4 Edificio Azai**

Este edificio consta de: 16 departamentos con clientes de Estrato B, subsuelos donde se localizan los parqueaderos, servicios generales mismos que tienen el siguiente equipamiento:

- 60 luces para iluminación de 100 W cada una
- 16 tomacorrientes de 200 W
- 1 ascensor de 5500 W
- 1 bomba de agua de 3 kW
- 1 bomba de agua de 6 kW
- 1 motor para puerta de garage de 500 W

#### **3.1.1.5 Edificio Aura**

Este edificio consta de: 48 departamentos con clientes de Estrato B, 4 locales comerciales, subsuelos donde se localizan los parqueaderos, servicios generales mismos que tienen el siguiente equipamiento:

- 62 luminarias de 64 W cada una
- 50 luminarias de 50 W cada una
- 100 luminarias de 52 W cada una
- 30 luminarias de 50 W cada una
- 12 apliques de pared de 26 W cada uno
- 50 luminarias de 51 W cada uno
- 6 luminarias de 70 W cada una
- 60 tomacorrientes de 150 W
- 2 bombas de agua de 7500 W cada una
- 1 bomba contra incendios de 18750 W
- 2 ascensores de 8100 W cada uno
- 2 bombas para agua lluvia de 1500 W cada una
- 1 bomba de presurización de 5000 W

- 1 bomba de calor de 35000 W
- 1 bomba para paneles de 5000 W
- 1 bomba para piscina de 15000 W

#### **3.1.1.6 Edificio Tamayo 6266**

Este edificio consta de: 10 departamentos con clientes de Estrato B, 6 oficinas, 2 locales comerciales, subsuelos donde se localizan los parqueaderos, servicios generales mismos que tienen el siguiente equipamiento:

- 42 luminarias de 60 W cada una
- 1 motor de puerta de garaje de 750 W
- 1 bomba de agua de 2500 W
- 23 tomacorrientes de 30 W cada uno
- 1 ascensor de 3750 W
- 3 salidas especiales de 2500 W cada una

#### **3.1.1.7 Edificio Madeyra**

Este edificio consta de: 26 departamentos con clientes de Estrato A, subsuelos donde se localizan los parqueaderos, servicios generales mismos que tienen el siguiente equipamiento:

- 65 luminarias de 70 W cada una
- 1 motor de puerta de garaje de 750 W
- 2 bomba de agua de 2 kW cada una
- 10 tomacorrientes de 200 W cada uno
- 1 ascensor de 3750 W
- 1 bomba de presurización de 750 W

#### **3.1.1.8 Edificio Mabec Coruña**

Este edificio consta de: 23 departamentos con clientes de Estrato A, subsuelos donde se localizan los parqueaderos y bodegas, servicios generales mismos que tienen el siguiente equipamiento:

- 50 luminarias de 50 W cada una

- 1 bomba de agua de 5595 W
- 2 bomba de agua de 2 kW cada una
- 1 ascensor de 5595 W
- 1 bomba para incendios de 7460 W

### **3.1.1.9 Edificio Metro**

Este edificio consta de: 14 departamentos con clientes de Estrato A, subsuelos donde se localizan los parqueaderos, servicios generales mismos que tienen el siguiente equipamiento:

- 18 luminarias de 20 W cada una
- 68 luminarias de 20 W
- 22 tomacorrientes de 150 W
- 1 puerta eléctrica de 466 W
- 2 bombas de agua de 4663 W cada una
- 1 bomba de agua para sistema contraincendios de 4663 W
- 1 ascensor de 5595 W
- 1 ascensor de 6994 W

### **3.1.1.10 Edificio Córdoba Plaza**

Este edificio consta de: 27 departamentos con clientes de Estrato B, subsuelos donde se localizan los parqueaderos, servicios generales mismos que tienen el siguiente equipamiento:

- 20 luminarias de 80 W cada una
- 40 luminarias de 60 W cada una
- 20 tomacorrientes de 150 W cada uno
- 20 luces de emergencia de 50 W cada una
- 1 bomba de agua de 5000 W
- 1 bomba contraincendios de 3750 W
- 1 ascensor de 7500 W

### 3.1.2. Potencia nominal actual de los transformadores en los edificios a ser analizados

En la Tabla 3.1 se presentan a los transformadores instalados en los edificios descritos anteriormente dimensionados en base a la normativa vigente en la Empresa Eléctrica Quito:

**Tabla 3.1.** Transformadores instalados en los Edificios

| <b>Edificio</b>    | <b>#Transformadores</b> | <b>Potencia (kVA)</b> |
|--------------------|-------------------------|-----------------------|
| Montpellier        | 47745                   | 125                   |
| Terrazas del Tenis | 21042                   | 100                   |
| Baru               | 172563                  | 150                   |
| Azai               | 47015                   | 75                    |
| Aura               | 171497                  | 200                   |
| Tamayo 6266        | 15641                   | 112,5                 |
| Madeyra            | 169040                  | 60                    |
| Mabec Coruña       | 171007                  | 100                   |
| Metro              | 47944                   | 125                   |
| Córdova Plaza      | 164963                  | 75                    |

### 3.2 Cálculo de la demanda máxima de los edificios utilizando el Método de Arvidson

Como ya se revisó en el punto 2.14.3; esta metodología utiliza los factores de variación horaria mismos que se encuentran en la Figura 2.10; en esa figura se aprecia una tabla donde están los factores de variación horaria que se va a utilizar en la aplicación de este método haciendo referencia principalmente a los elementos a tomar en cuenta para el dimensionamiento de acuerdo a lo que comúnmente se instala en los edificios residenciales y comerciales. Entre los que principalmente se destaca los siguientes servicios a tomar en cuenta:

- Iluminación y Tomacorrientes
- Neveras
- Estufas eléctricas
- Calentadores eléctricos de agua.

Como ya se revisó anteriormente este método utiliza los factores de variación horaria, el número de usuarios que será igual a la suma de los departamentos y locales

comerciales por igual y la demanda máxima diversificada que se presenta a en la Tabla 3.3:

**Tabla 3.3.** Demanda máxima diversificada

| <b>Demanda Máxima Diversificada</b> |                |                |  |
|-------------------------------------|----------------|----------------|--|
| <b>Iluminación y Tomas</b>          | <b>Neveras</b> | <b>Estufas</b> | <b>Calentadores eléctricos de agua</b> |
| 0,52 kW                             | 0,048 kW       | 0,58 kW        | 0,72 Kw                                |

Finalmente se seleccionó la demanda diversificada más alta que va a ser la que se considere en el dimensionamiento del transformador y se obtuvo los siguientes resultados sin tomar en cuenta los servicios generales en los edificios; multiplicando esta demanda por 1,25 que es el factor de seguridad (25%) que nos recomienda esta metodología.

En la Tabla 3.4 se presentan las demandas diversificadas totales de cada uno de los edificios calculadas con esta metodología sin tomar en cuenta la demanda de los servicios generales:

**Tabla 3.4.** Demanda máxima de locales comerciales y departamentos de los edificios usando el método de Arvidson.

|           | <b>Nombre del Edificio</b> | <b>Número de Usuarios</b> | <b>Demanda diversificada total (kVA)</b> |
|-----------|----------------------------|---------------------------|--|
| <b>1</b>  | Montpellier                | 21                        | 34,47                                    |
| <b>2</b>  | Terrazas del Tenis         | 25                        | 41,04                                    |
| <b>3</b>  | Baru                       | 29                        | 47,6                                     |
| <b>4</b>  | Azai                       | 16                        | 32,83                                    |
| <b>5</b>  | Aura                       | 48                        | 79,79                                    |
| <b>6</b>  | Tamayo 6266                | 18                        | 29,54                                    |
| <b>7</b>  | Madeyra                    | 26                        | 42,68                                    |
| <b>8</b>  | Mabec Coruña               | 23                        | 37,75                                    |
| <b>9</b>  | Metro                      | 14                        | 22,98                                    |
| <b>10</b> | Córdova Plaza              | 27                        | 44,32                                    |

### 3.2.1. Cálculo de la demanda de los servicios generales

Como se pudo apreciar en el punto anterior el Método de Arvidson no considera en su cálculo la potencia de los servicios generales; por lo que para calcular esta demanda se va a seguir el siguiente procedimiento:

1. Determinar los equipos que se van a implementar en el edificio: Iluminación y tomacorrientes para uso general, Bombas de Agua, Sistemas contra incendios, Ascensores; Puertas eléctricas; Ventiladores, etc.
2. Identificar la potencia nominal de cada equipo y multiplicar por la cantidad de elementos a instalarse.
3. Multiplicar por el factor de Simultaneidad (FSn) para obtener la demanda máxima unitaria (DMU); el factor de simultaneidad va a depender del equipo y es un dato que viene dado generalmente de la experiencia y criterios de los ingenieros proyectistas.
4. Sumamos las demandas máximas unitarias de todos los equipos, a este valor lo dividimos para el factor de potencia (0,85) obteniendo así el valor de la Demanda Máxima Unitaria final a tomar en cuenta en el dimensionamiento del transformador sumado a la demanda de los departamentos y locales comerciales.

Siguiendo el procedimiento descrito anteriormente en la Tabla 3.5 se presentan los resultados para el cálculo de la demanda de los servicios generales:

**Tabla 3.5.** Demanda máxima unitaria de los Servicios Generales de los edificios

|           | <b>Nombre del Edificio</b> | <b>Demanda máxima unitaria (kVA)</b> |
|-----------|----------------------------|--------------------------------------|
| <b>1</b>  | Montpellier                | 11,9                                 |
| <b>2</b>  | Terrazas del Tenis         | 17,22                                |
| <b>3</b>  | Baru                       | 56,29                                |
| <b>4</b>  | Azai                       | 16,21                                |
| <b>5</b>  | Aura                       | 52,47                                |
| <b>6</b>  | Tamayo 6266                | 12,68                                |
| <b>7</b>  | Madeyra                    | 8,44                                 |
| <b>8</b>  | Mabec Coruña               | 12,99                                |
| <b>9</b>  | Metro                      | 14,49                                |
| <b>10</b> | Córdova Plaza              | 15,36                                |



### 3.2.2. Determinación de la demanda requerida del Transformador

Para determinar la demanda total requerida del transformador sumamos la demanda diversificada total obtenida mediante el método de Arvidson y la demanda máxima unitaria de los servicios generales de los edificios ; seleccionando finalmente un transformador que tenga un valor de potencia nominal aproximado a la demanda requerida calculada.

En la Tabla 3.6 se presentan los valores de las potencias nominales seleccionadas a partir del cálculo de la demanda por esta metodología en conjunto con el cálculo de la demanda para los servicios generales:

**Tabla 3.6.** Demanda total requerida y transformadores seleccionados por edificio

|           | <b>Nombre del Edificio</b> | <b>Demanda Total requerida (kVA)</b> | <b>Transformador Seleccionado (kVA)</b> |
|-----------|----------------------------|--------------------------------------|---|
| <b>1</b>  | Montpellier                | 46,37                                | 60                                      |
| <b>2</b>  | Terrazas del Tenis         | 58,26                                | 75                                      |
| <b>3</b>  | Baru                       | 103,89                               | 125                                     |
| <b>4</b>  | Azai                       | 42,47                                | 75                                      |
| <b>5</b>  | Aura                       | 132,26                               | 150                                     |
| <b>6</b>  | Tamayo 6266                | 42,22                                | 75                                      |
| <b>7</b>  | Madeyra                    | 51,12                                | 60                                      |
| <b>8</b>  | Mabec Coruña               | 50,74                                | 60                                      |
| <b>9</b>  | Metro                      | 37,47                                | 50                                      |
| <b>10</b> | Córdoba Plaza              | 59,68                                | 75                                      |

### 3.2.3. Recomendaciones para el cálculo de la demanda en Servicios Generales

Los servicios generales en los edificios son muy importantes ya que brindan servicios básicos a todos los usuarios que ahí habitan pero con la metodología de cálculo que se está utilizando se puede apreciar que existe un problema de sobredimensionamiento de la potencia que aquí se utiliza; y esto va a repercutir en el sobredimensionamiento del transformador.

A continuación se presenta una serie de recomendaciones que se puede seguir para obtener una mejor estimación en servicios generales:

- 1. Disminuir la potencia utilizada en el cálculo de la iluminación:** En el cálculo actual de este servicio se utiliza un valor de potencia alto debido a la suposición de que las luminarias utilizadas no son eficientes (incandescentes por ejemplo); pero en la actualidad se tiene la tendencia a mejorar esto es decir cambiar a luminarias ahorradoras o led que son de alta eficiencia.

Entonces debemos modificar el valor de la potencia que se utiliza para el cálculo de la iluminación en base a los valores que nos pueden entregar las luminarias eficientes teniendo un ahorro entre el 50% y 80% en lo que a consumo de potencia se refiere.

- 2. No tomar en cuenta todas las bombas de agua:** En algunos edificios se tiene un número pares de bombas de agua (generalmente 2) debido a que se utiliza una de forma permanente y la otra entra a funcionar si hay alguna falla la primera; razón por la cual se debe utilizar solamente la mitad del valor de potencia en el cálculo de la demanda; es decir si existen 2 bombas se tomaría en cuenta para el dimensionamiento el valor de una bomba.

- 3. Omitir el valor del sistema contraincendios:** La mayoría de los edificios tiene sistemas contra incendios que entrará en operación al momento de la detección de un flagelo por lo que no está funcionando de forma permanente por lo que se puede omitir el valor de la potencia de estos equipos en el cálculo de la demanda.

Pero esta recomendación debe ir en conjunto con la desconexión automática de los servicios del edificio a excepción del ascensor que funcionaría por un corto intervalo de tiempo en el caso que existan personas en el interior en el momento de la emergencia; quedando así el transformador disponible casi en su totalidad para la energización y accionamiento del sistema contra incendios.

- 4. Subir el valor del factor de Potencia:** Para los cálculos se utiliza un factor de potencia de 0,85 pero en la actualidad existe penalización si este es inferior a 0,92 por lo que se recomienda que en los cálculos de la demanda en los servicios generales se utilice 0,95 como factor de potencia.

Con las recomendaciones realizadas anteriormente se realizó nuevamente el cálculo de la demanda de los servicios generales; resultados que se presentan en la Tabla 3.7:

**Tabla 3.7.** Demanda máxima unitaria de los Servicios Generales de los edificios con las recomendaciones planteadas

|           | <b>Nombre del Edificio</b> | <b>Demanda máxima unitaria (kVA)</b> |
|-----------|----------------------------|--------------------------------------|
| <b>1</b>  | Montpellier                | 5,86                                 |
| <b>2</b>  | Terrazas del Tenis         | 12,68                                |
| <b>3</b>  | Baru                       | 36,11                                |
| <b>4</b>  | Azai                       | 11,01                                |
| <b>5</b>  | Aura                       | 40,63                                |
| <b>6</b>  | Tamayo 6266                | 10,07                                |
| <b>7</b>  | Madeyra                    | 6,8                                  |
| <b>8</b>  | Mabec Coruña               | 7,68                                 |
| <b>9</b>  | Metro                      | 11,33                                |
| <b>10</b> | Córdoba Plaza              | 10,91                                |

En la Tabla 3.8 se presentan los resultados de las demandas requeridas con la inclusión de las recomendaciones para servicios generales en el procedimiento de cálculo:

**Tabla 3.8.** Demanda total requerida y transformadores seleccionados por edificio con las recomendaciones en los servicios generales

|           | <b>Nombre del Edificio</b> | <b>Demanda Total requerida (kVA)</b> | <b>Transformador Seleccionado (kVA)</b> |
|-----------|----------------------------|--------------------------------------|---|
| <b>1</b>  | Montpellier                | 40,33                                | 50                                      |
| <b>2</b>  | Terrazas del Tenis         | 53,72                                | 60                                      |
| <b>3</b>  | Baru                       | 84,01                                | 112,5                                   |
| <b>4</b>  | Azai                       | 37,27                                | 75                                      |
| <b>5</b>  | Aura                       | 120,42                               | 150                                     |
| <b>6</b>  | Tamayo 6266                | 39,61                                | 60                                      |
| <b>7</b>  | Madeyra                    | 49,48                                | 60                                      |
| <b>8</b>  | Mabec Coruña               | 45,43                                | 50                                      |
| <b>9</b>  | Metro                      | 34,31                                | 50                                      |
| <b>10</b> | Córdoba Plaza              | 55,23                                | 60                                      |

Como se puede apreciar en la Tabla 3.8 los valores resultantes en la demanda total requerida con las recomendaciones planteadas es menor a los calculados sin estas y por ende en algunos de los casos se también seleccionar un transformador de una

capacidad menor al que se dimensionó en la Tabla 3.6; aunque en algunos casos a pesar de que la demanda total requerida disminuyó se seleccionó el transformador de la misma capacidad por los valores nominales de los mismos.

### **3.3 Determinación de la demanda requerida por el transformador utilizando la normativa del código eléctrico americano (NEC)**

En el punto 2.14.4 se establece los criterios de dimensionamiento que se toman en consideración, mismos que fueron utilizados para el dimensionamiento de los transformadores en los edificios propuestos obteniendo los resultados que se presentan en la Tabla 3.9:

**Tabla 3.9.** Demanda total requerida y transformadores seleccionados por edificio utilizando la normativa NEC

|           | <b>Nombre del Edificio</b> | <b>Demanda Total requerida (kVA)</b> | <b>Transformador Seleccionado (kVA)</b> |
|-----------|----------------------------|--------------------------------------|---|
| <b>1</b>  | Montpellier                | 145,72                               | 150                                     |
| <b>2</b>  | Terrazas del Tenis         | 187,17                               | 200                                     |
| <b>3</b>  | Baru                       | 249,41                               | 250                                     |
| <b>4</b>  | Azai                       | 126,48                               | 125                                     |
| <b>5</b>  | Aura                       | 252,27                               | 250                                     |
| <b>6</b>  | Tamayo 6266                | 80,3                                 | 100                                     |
| <b>7</b>  | Madeyra                    | 175,17                               | 200                                     |
| <b>8</b>  | Mabec Coruña               | 171,88                               | 200                                     |
| <b>9</b>  | Metro                      | 106,44                               | 112,5                                   |
| <b>10</b> | Córdova Plaza              | 191,1                                | 200                                     |

Con esta normativa ya se toma en cuenta a los servicios generales; por lo que se puede tomar en cuenta directamente las recomendaciones realizadas en el punto 3.2.3 en conjunto con una recomendación adicional en la iluminación de los departamentos; reemplazando la potencia que se utiliza en el cálculo por un valor menor ya que se recomienda luminarias eficientes.

En la Tabla 3.10 se presentan los resultados obtenidos en el cálculo de las demandas con estos criterios y recomendaciones:

**Tabla 3.10.** Demanda total requerida y transformadores seleccionados por edificio utilizando la normativa NEC y las recomendaciones en iluminación y Servicios Generales

|           | <b>Nombre del Edificio</b> | <b>Demanda Total requerida (kVA)</b> | <b>Transformador Seleccionado (kVA)</b> |
|-----------|----------------------------|--------------------------------------|---|
| <b>1</b>  | Montpellier                | 128,93                               | 125                                     |
| <b>2</b>  | Terrazas del Tenis         | 175,92                               | 200                                     |
| <b>3</b>  | Baru                       | 189,69                               | 200                                     |
| <b>4</b>  | Azai                       | 116,44                               | 125                                     |
| <b>5</b>  | Aura                       | 206,28                               | 200                                     |
| <b>6</b>  | Tamayo 6266                | 74,39                                | 75                                      |
| <b>7</b>  | Madeyra                    | 165,5                                | 160                                     |
| <b>8</b>  | Mabec Coruña               | 155,18                               | 160                                     |
| <b>9</b>  | Metro                      | 108,6                                | 112,5                                   |
| <b>10</b> | Córdova Plaza              | 176,85                               | 200                                     |

### **3.4 Determinación de la demanda requerida por el transformador utilizando la previsión de cargas del Reglamento Electrotécnico de Baja tensión (RBT)**

En el punto 2.14.5 se establece los criterios de dimensionamiento que se toman en consideración, mismos que fueron utilizados para el dimensionamiento de los transformadores; destacando que se realizó el cálculo para un grado de electrificación mínima y medio en los edificios propuestos debido a que los departamentos no superan una superficie de 150 m<sup>2</sup>.

Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 3.11:

**Tabla 3.11.** Demanda total requerida y transformadores seleccionados por edificio utilizando la normativa RBT para un grado de electrificación mínimo

|    | <b>Nombre del Edificio</b> | <b>Demanda Total requerida (kVA)</b> | <b>Transformador Seleccionado (kVA)</b> |
|----|----------------------------|--------------------------------------|---|
| 1  | Montpellier                | 75,08                                | 75                                      |
| 2  | Terrazas del Tenis         | 91,94                                | 100                                     |
| 3  | Baru                       | 168,076                              | 200                                     |
| 4  | Azai                       | 62,6                                 | 125                                     |
| 5  | Aura                       | 305,17                               | 315                                     |
| 6  | Tamayo 6266                | 74,32                                | 75                                      |
| 7  | Madeyra                    | 73,95                                | 75                                      |
| 8  | Mabec Coruña               | 73,95                                | 75                                      |
| 9  | Metro                      | 62,46                                | 60                                      |
| 10 | Córdoba Plaza              | 83,65                                | 100                                     |

En la Tabla 3.12 se presentan los resultados obtenidos con el mismo procedimiento pero cambiando a un grado de electrificación media por edificio:

**Tabla 3.12.** Demanda total requerida y transformadores seleccionados por edificio utilizando la normativa RBT para un grado de electrificación medio

|    | <b>Nombre del Edificio</b> | <b>Demanda Total requerida (kVA)</b> | <b>Transformador Seleccionado (kVA)</b> |
|----|----------------------------|--------------------------------------|---|
| 1  | Montpellier                | 105,48                               | 112,5                                   |
| 2  | Terrazas del Tenis         | 129,54                               | 150                                     |
| 3  | Baru                       | 209,67                               | 250                                     |
| 4  | Azai                       | 89,4                                 | 100                                     |
| 5  | Aura                       | 347,77                               | 350                                     |
| 6  | Tamayo 6266                | 91,92                                | 100                                     |
| 7  | Madeyra                    | 112,55                               | 112,5                                   |
| 8  | Mabec Coruña               | 117,65                               | 125                                     |
| 9  | Metro                      | 86,46                                | 100                                     |
| 10 | Córdoba Plaza              | 123,25                               | 125                                     |

Al igual que en el caso anterior aquí también ya se toma en consideración como parte de la norma al cálculo de los servicios generales; por lo que se puede tomar en cuenta directamente las recomendaciones realizadas en el punto 3.2.3

Comparando los resultados obtenidos con esta metodología se aprecia que en comparación con las mediciones de demanda máxima medida los valores de electrificación mínima no superan a los valores medidos por lo que se descarta este grado de electrificación; quedando para el análisis el grado de electrificación media como referencia para el análisis con esta metodología.

Los resultados obtenidos con estas recomendaciones se presentan en la Tabla 3.13 para un grado de electrificación mínimo y en la Tabla 3.14 los resultados para un grado de electrificación medio:

**Tabla 3.13.** Demanda total requerida y transformadores seleccionados por edificio utilizando la normativa RBT para un grado de electrificación mínimo y las recomendaciones en servicios generales.

|           | <b>Nombre del Edificio</b> | <b>Demanda Total requerida (kVA)</b> | <b>Transformador Seleccionado (kVA)</b> |
|-----------|----------------------------|--------------------------------------|---|
| <b>1</b>  | Montpellier                | 62,74                                | 60                                      |
| <b>2</b>  | Terrazas del Tenis         | 82,81                                | 100                                     |
| <b>3</b>  | Baru                       | 117,98                               | 125                                     |
| <b>4</b>  | Azai                       | 56                                   | 60                                      |
| <b>5</b>  | Aura                       | 267,63                               | 300                                     |
| <b>6</b>  | Tamayo 6266                | 69,83                                | 75                                      |
| <b>7</b>  | Madeyra                    | 70,05                                | 75                                      |
| <b>8</b>  | Mabec Coruña               | 64,39                                | 75                                      |
| <b>9</b>  | Metro                      | 56,63                                | 60                                      |
| <b>10</b> | Córdova Plaza              | 75,82                                | 75                                      |

**Tabla 3.14.** Demanda total requerida y transformadores seleccionados por edificio utilizando la normativa RBT para un grado de electrificación medio y las recomendaciones en los servicios generales.

|          | <b>Nombre del Edificio</b> | <b>Demanda Total requerida (kVA)</b> | <b>Transformador Seleccionado (kVA)</b> |
|----------|----------------------------|--------------------------------------|---|
| <b>1</b> | Montpellier                | 93,14                                | 100                                     |
| <b>2</b> | Terrazas del Tenis         | 120,41                               | 125                                     |
| <b>3</b> | Baru                       | 159,58                               | 200                                     |
| <b>4</b> | Azai                       | 82,8                                 | 100                                     |

|           |               |        |       |
|-----------|---------------|--------|-------|
| <b>5</b>  | Aura          | 310,23 | 315   |
| <b>6</b>  | Tamayo 6266   | 87,43  | 100   |
| <b>7</b>  | Madeyra       | 108,65 | 112,5 |
| <b>8</b>  | Mabec Coruña  | 108,09 | 112,5 |
| <b>9</b>  | Metro         | 80,63  | 100   |
| <b>10</b> | Córdova Plaza | 115,42 | 125   |

En la Tabla 3.15 se presentan los transformadores localizados y los transformadores sugeridos por cada metodología de dimensionamiento sin recomendaciones en servicios generales, mientras que en la Tabla 3.16 se presentan a los transformadores sugeridos con las recomendaciones sugeridas para el cálculo de la demanda en los servicios generales:

**Tabla 3.15.** Transformador instalado y dimensionados con cada metodología sin recomendaciones en servicios generales (resumen)

|           | <b>Nombre del Edificio</b> | <b>Transformador instalado actualmente (kVA)</b> | <b>Transformador dimensionado con Método Arvidson (kVA)</b> | <b>Transformador dimensionado con Método NEC (kVA)</b> | <b>Transformador dimensionado con RBT (kVA)</b> |
|-----------|----------------------------|--|---|--|---|
| <b>1</b>  | Montpellier                | 125  | 60  | 150  | 112,5   |
| <b>2</b>  | Terrazas del Tenis         | 100  | 75  | 200  | 150   |
| <b>3</b>  | Baru                       | 150  | 125   | 250  | 250   |
| <b>4</b>  | Azai                       | 75   | 75  | 125  | 100   |
| <b>5</b>  | Aura                       | 200  | 150   | 250  | 350   |
| <b>6</b>  | Tamayo 6266                | 112,5  | 75  | 100  | 100   |
| <b>7</b>  | Madeyra                    | 60   | 60  | 200  | 112,5   |
| <b>8</b>  | Mabec Coruña               | 100  | 60  | 200  | 125   |
| <b>9</b>  | Metro                      | 125  | 50  | 112,5  | 100   |
| <b>10</b> | Córdova Plaza              | 75   | 75  | 200  | 125   |



**Tabla 3.16.** Transformador instalado y dimensionados con cada metodología con recomendaciones en servicios generales (resumen)

|           | <b>Nombre del Edificio</b> | <b>Transformador instalado actualmente (kVA)</b> | <b>Transformador dimensionado con Método Arvidson (kVA)</b> | <b>Transformador dimensionado con Método NEC (kVA)</b> | <b>Transformador dimensionado con RBT con grado de electrificación media (kVA)</b> |
|-----------|----------------------------|--|---|--|--|
| <b>1</b>  | Montpellier                | 125  | 50  | 125  | 100  |
| <b>2</b>  | Terrazas del Tenis         | 100  | 60  | 200  | 125  |
| <b>3</b>  | Baru                       | 150  | 112,5   | 200  | 200  |
| <b>4</b>  | Azai                       | 75   | 75  | 125  | 100  |
| <b>5</b>  | Aura                       | 200  | 150   | 200  | 315  |
| <b>6</b>  | Tamayo 6266                | 112,5  | 60  | 75   | 100  |
| <b>7</b>  | Madeyra                    | 60   | 60  | 160  | 112,5  |
| <b>8</b>  | Mabec Coruña               | 100  | 50  | 160  | 112,5  |
| <b>9</b>  | Metro                      | 125  | 50  | 112,5  | 100  |
| <b>10</b> | Córdoba Plaza              | 75   | 60  | 200  | 125  |

## CAPÍTULO 4

### 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el presente capítulo se presentan los resultados obtenidos; tanto en las mediciones de la demanda máxima que se realizaron en los transformadores planteados con el equipo y personal de la Empresa Eléctrica Quito; como los resultados obtenidos en el cálculo de los factores de utilización con cada uno de los métodos de estimación de la demanda mencionados en el capítulo anterior:

#### 4.1 Demanda máxima y factores de utilización medidos en los Transformadores

La demanda máxima fue medida con el equipo FLUKE 1744 mismo que fue instalado en las cámaras de transformación de los edificios en cuestión durante 7 días y tomaba los datos en intervalos de 10 minutos.

Entre los resultados obtenidos en esta medición están: Demanda, factor de potencia, voltajes y corrientes de fase, distorsión de armónicos; etc.

En la Tabla 4.1 se indican los valores de demanda máxima medida en los edificios:

**Tabla 4.1.** Demanda máxima medida en los edificios con el FLUKE 1744

|           | <b>Nombre del Edificio</b> | <b>Demanda máxima medida (kVA)</b> |
|-----------|----------------------------|------------------------------------|
| <b>1</b>  | Montpellier                | 48,77                              |
| <b>2</b>  | Terrazas del Tenis         | 26,16                              |
| <b>3</b>  | Baru                       | 9,49                               |
| <b>4</b>  | Azai                       | 66,13                              |
| <b>5</b>  | Aura                       | 45,1                               |
| <b>6</b>  | Tamayo 6266                | 19,84                              |
| <b>7</b>  | Madeyra                    | 13,45                              |
| <b>8</b>  | Mabec Coruña               | 46,44                              |
| <b>9</b>  | Metro                      | 48,77                              |
| <b>10</b> | Córdova Plaza              | 24,19                              |

Como podemos apreciar en la Tabla 4.1 la demanda máxima que se mide es mucho menor a la capacidad del transformador instalado a pesar de que estos edificios se

encuentran ocupados casi en su totalidad; por lo que podemos predecir que los factores de utilización van a ser relativamente bajos.

En la Tabla 4.2 se encuentran los factores de utilización medidos con el mismo analizador utilizado para las mediciones de demanda máxima:

**Tabla 4.2.** Factores de utilización calculados en los edificios con el FLUKE 1744

|           | <b>Nombre del Edificio</b> | <b>Factores de Utilización (%)</b> |
|-----------|----------------------------|------------------------------------|
| <b>1</b>  | Montpellier                | 39                                 |
| <b>2</b>  | Terrazas del Tenis         | 34,9                               |
| <b>3</b>  | Baru                       | 6,3                                |
| <b>4</b>  | Azai                       | 88,2                               |
| <b>5</b>  | Aura                       | 22,5                               |
| <b>6</b>  | Tamayo 6266                | 17,6                               |
| <b>7</b>  | Madeyra                    | 22,4                               |
| <b>8</b>  | Mabec Coruña               | 46,44                              |
| <b>9</b>  | Metro                      | 39                                 |
| <b>10</b> | Córdoba Plaza              | 32,2                               |

Como se puede apreciar en la Tabla 4.2 comprobamos que efectivamente los valores medidos de los factores de utilización son bajos; esto se debe a varias circunstancias tomadas en cuenta en el diseño que se describe a continuación:

- Como se mencionó en el capítulo 2 la Empresa Eléctrica Quito toma como base para su normativa de dimensionamiento el método de la REA (Rural Electrification Administration); mismo que fue desarrollado en los años 70 en Estados Unidos y por ende no se encuentra actualizado del todo a nuestra realidad además de no tomar en cuenta el cálculo de la demanda de los servicios generales de los edificios.
- El nomograma de la REA clasifica a los usuarios por estratos, mismos que están clasificados por la potencia máxima que consumen cada uno de estos; pero en la actualidad es muy difícil clasificar a los usuarios por estratos ya que en general para los edificios destinados principalmente a departamentos y locales comerciales el equipamiento eléctrico es generalmente el mismo por lo tanto el consumo no varía de estrato a estrato en estas edificaciones.

- Para el cálculo de servicios generales se realiza el procedimiento descrito anteriormente donde existe también un sobredimensionamiento debido entre otras cosas a los factores de simultaneidad utilizados que como se revisó anteriormente; depende solamente de la experiencia de los ingenieros proyectistas más no es un valor calculado; en la interpretación de las mediciones y de acuerdo al equipamiento de los servicios generales de cada uno de los edificios; los transformadores más sobredimensionados son aquellos donde estas dependencias son de un número grande de elementos en los servicios generales.

## 4.2 Factores de utilización calculados con los diferentes métodos de dimensionamiento formulados

Anteriormente se realizó el cálculo de la demanda con diferentes metodologías utilizadas internacionalmente y con los resultados ahí obtenidos se realizó el cálculo de los factores de utilización.

En la Tabla 4.3 se presentan a modo de resumen los factores de utilización reales obtenidos mediante las mediciones de demanda máxima entregadas; así como los factores de utilización calculados por cada uno de los métodos sin las recomendaciones en los servicios generales:

**Tabla 4.3.** Factores de utilización reales y calculados con cada metodología sin recomendaciones en servicios generales

|          | <b>Nombre del Edificio</b> | <b>Factores de Utilización reales (%)</b> | <b>Factores de Utilización calculado Método Arvidson (%)</b> | <b>Factores de Utilización calculado Método NEC (%)</b> | <b>Factores de Utilización calculado RBT (%)</b> |
|----------|----------------------------|---|--|---|--|
| <b>1</b> | Montpellier                | 39  | 81,28  | 32,51   | 43,35  |
| <b>2</b> | Terrazas del Tenis         | 34,9                                      | 34,88  | 13,08   | 17,44  |
| <b>3</b> | Baru                       | 6,3                                       | 7,59   | 3,80  | 3,8  |
| <b>4</b> | Azai                       | 88,2                                      | 88,17  | 52,9  | 66,13  |
| <b>5</b> | Aura                       | 22,5                                      | 30,07  | 18,04   | 12,89  |
| <b>6</b> | Tamayo 6266                | 17,6                                      | 26,45  | 19,84   | 19,84  |

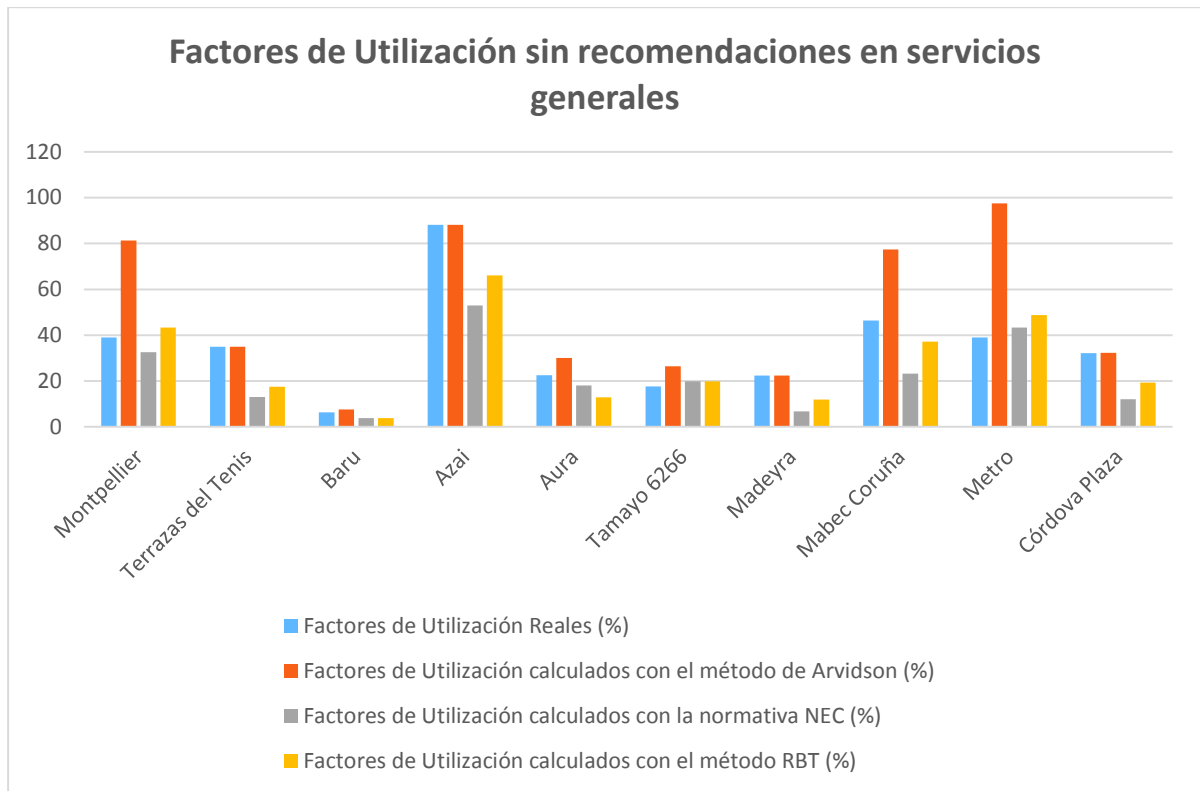
|           |               |       |       |       |       |
|-----------|---------------|-------|-------|-------|-------|
| <b>7</b>  | Madeyra       | 22,4  | 22,42 | 6,73  | 11,96 |
| <b>8</b>  | Mabec Coruña  | 46,44 | 77,4  | 23,22 | 37,15 |
| <b>9</b>  | Metro         | 39    | 97,54 | 43,35 | 48,77 |
| <b>10</b> | Córdoba Plaza | 32,2  | 32,25 | 12,1  | 19,35 |

En la Tabla 4.4 se presenta en resumen los factores de utilización tanto medidos como calculados por cada uno de los métodos con las recomendaciones en los servicios generales; para el cálculo de los factores de utilización por esta metodología en el presente trabajo vamos a utilizar el grado de electrificación medio que de acuerdo a la superficie de construcción es la más cercana al ámbito constructivo de las edificaciones que se analizan el presente trabajo:

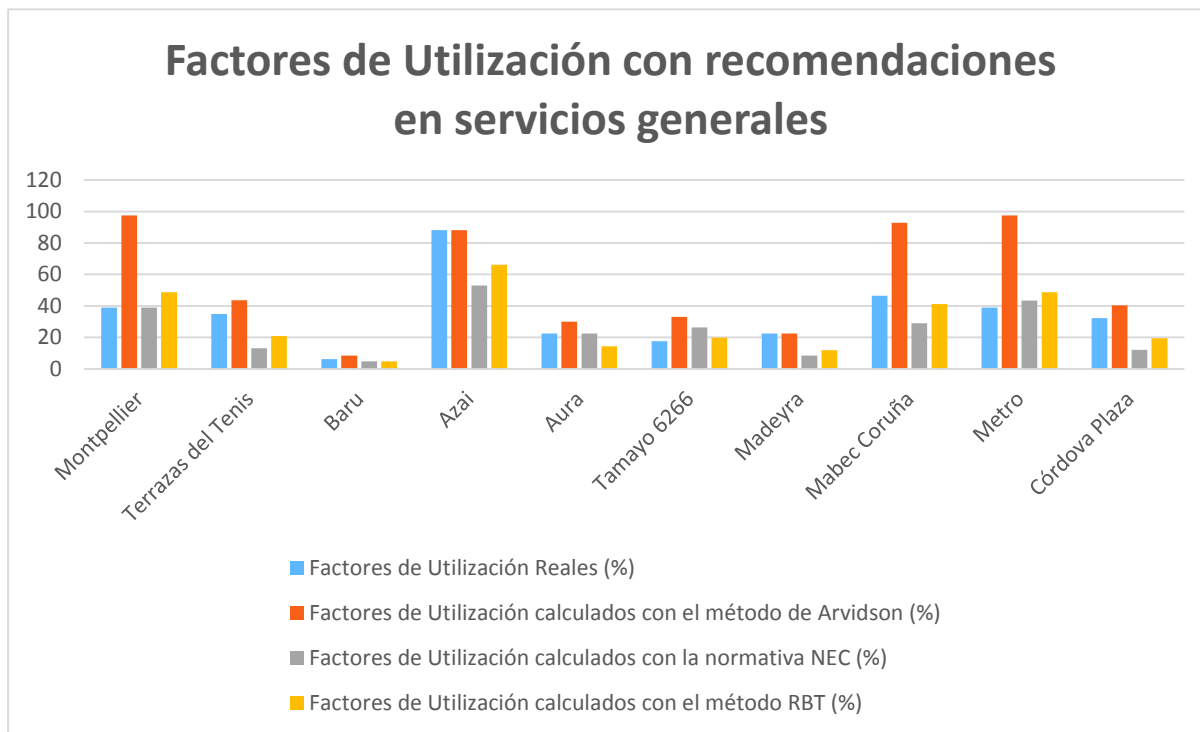
**Tabla 4.4.** Factores de utilización reales y calculados con cada metodología con recomendaciones en servicios generales (resumen)

|           | <b>Nombre del Edificio</b> | <b>Factores de Utilización reales (%)</b> | <b>Factores de Utilización calculado Método Arvidson (%)</b> | <b>Factores de Utilización calculado Método NEC (%)</b> | <b>Factores de Utilización calculado RBT (%)</b> |
|-----------|----------------------------|---|--|---|--|
| <b>1</b>  | Montpellier                | 39  | 97,54  | 39,02   | 48,77  |
| <b>2</b>  | Terrazas del Tenis         | 34,9                                      | 43,6   | 13,08   | 20,93  |
| <b>3</b>  | Baru                       | 6,3                                       | 8,44   | 4,75  | 4,75   |
| <b>4</b>  | Azai                       | 88,2                                      | 88,17  | 52,9  | 66,13  |
| <b>5</b>  | Aura                       | 22,5                                      | 30,07  | 22,55   | 14,32  |
| <b>6</b>  | Tamayo 6266                | 17,6                                      | 33,07  | 26,45   | 19,84  |
| <b>7</b>  | Madeyra                    | 22,4                                      | 22,42  | 8,41  | 11,96  |
| <b>8</b>  | Mabec Coruña               | 46,44                                     | 92,88  | 29,03   | 41,28  |
| <b>9</b>  | Metro                      | 39  | 97,54  | 43,35   | 48,77  |
| <b>10</b> | Córdoba Plaza              | 32,2                                      | 40,32  | 12,1  | 19,35  |

A continuación se presenta los Gráficos 4.1 y 4.2 donde apreciamos una representación en barras para los apreciar de una mejor manera la variación de los factores de utilización reales y los calculados:



**Figura 4.1.** Factores de utilización reales y calculados sin recomendaciones en servicios generales



**Figura 4.2.** Factores de utilización reales y calculados con recomendaciones en servicios generales

## 4.4 Interpretación de resultados

En la Tabla 4.3 se puede apreciar que los factores de utilización reales son más altos en comparación a los factores de utilización calculados en los métodos del NEC y el RBT mientras que los factores calculados con el método de Arvidson son mayores a los medidos; esto se debe principalmente a que la normativa NEC utiliza los valores de referencia muy elevados es decir utiliza un exceso de potencia en la demanda debido a que en los Estados Unidos existe un consumo de energía mucho mayor en comparación al Ecuador.

De manera similar se puede realizar una comparación y análisis con el método RBT utilizado en Europa, ya que como se mencionó anteriormente los resultados obtenidos para un grado de electrificación mínimo; nos dio como resultados valores de demanda inferiores a los valores obtenidos a las mediciones de demanda máxima de los edificios, y a los valores obtenidos en el dimensionamiento con el procedimiento de la Empresa Eléctrica Quito quedando descartado. En cambio se trabajó con grado de electrificación medio y los valores aquí obtenidos son mayores a las mediciones entregadas pero al momento de calcular los factores de utilización bajos indicando que los transformadores siguen sobredimensionados en un menor porcentaje que el existente en la normativa NEC pero que no se puede considerar esta normativa para una optimización para el dimensionamiento de transformadores de distribución.

En cambio los factores de utilización calculados en el método de Arvidson son superiores o iguales a los medidos por lo que se puede decir que los criterios que aquí se maneja se aproximan con más precisión a la realidad que tenemos en los edificios.

Con el cálculo en donde se toma en cuenta a las recomendaciones en los servicios generales suben un poco los valores en las normativas NEC y RBT aunque siguen siendo menores a los factores medidos pero en cambio en el Método de Arvidson si hay una mejora en relación a los cálculos sin tomar en cuenta estos cambios; por lo que podemos decir que se puede aplicar estas recomendaciones a este método y mejorar los factores de utilización aunque esto va a depender del equipamiento que se vaya a tomar en cuenta en los servicios generales.

Sin embargo a pesar de que el Método de Arvidson nos entrega factores de utilización altos en algunos casos se aproxima al 100% que tampoco es recomendable por lo que debemos tomar en cuenta que la metodología que aquí se utiliza depende también de una realidad un poco diferente a la que se utiliza en nuestro país; ya que este método se lo está aplicando en Argentina y Colombia donde utilizan esta metodología para hallar la demanda máxima al igual principalmente; misma que incluyen a lo que a factores de

variación horaria y demanda máxima diversificada. Entonces sería práctico hacer un estudio que nos permita determinar esos valores de acuerdo a la realidad existente en la actualidad en los edificios destinados a departamentos y locales comerciales en el área de concesión de la Empresa Eléctrica Quito.

Haciendo referencia para la normativa RBT misma que nos indica los niveles de energización de acuerdo a la superficie de construcción de los departamentos y locales comerciales; teniendo para estos grados de electrificación mínimo, medio o elevado, en el presente trabajo se hace referencia al grado de electrificación media por la superficie de los departamentos y locales comerciales que en los edificios seleccionados; pero la realidad de los clientes del área de concesión de la Empresa Eléctrica Quito difiere un poco de este criterio debido a que los usuarios pueden llegar a consumir una determinada potencia independiente de la superficie de construcción donde se encuentren habitando por lo que haría falta un estudio más detallado de carga para utilizar los procedimientos que esta normativa maneja.

#### 4.4.1 Análisis Económico

La principal consecuencia del sobredimensionamiento en transformadores de distribución es en el ámbito económico debido a que el costo y el tamaño de estos van a depender directamente de la potencia diseñada.

A continuación se va a presentar tablas con los costos de los transformadores instalados como los sugeridos con cada metodología; sin aplicar y aplicando en el procedimiento de cálculo las recomendaciones planteadas para optimizar la estimación de la demanda en los servicios generales; estos costos son referenciales y fueron entregados por proyectistas que desarrollan este tipo de trabajos.

En la Tabla 4.5 se presentan los costos de los transformadores que actualmente se encuentran instalados en los edificios junto a la potencia de los mismos:

**Tabla 4.5.** Precios de los Transformadores actualmente instalados

| <b>Edificio</b>    | <b>Potencia de Transformadores instalados (kVA)</b> | <b>Precio del Transformador</b> |
|--------------------|---|---------------------------------|
| Montpellier        | 125   | \$10290                         |
| Terrazas del Tenis | 100   | \$7373,68                       |



|               |       |           |
|---------------|-------|-----------|
| Baru          | 150   | \$12376   |
| Azai          | 75    | \$4820    |
| Aura          | 200   | \$20285   |
| Tamayo 6266   | 112,5 | \$8600    |
| Madeyra       | 60    | \$4555    |
| Mabec Coruña  | 100   | \$7373,68 |
| Metro         | 125   | \$10290   |
| Córdoba Plaza | 75    | \$4820    |

En las Tablas 4.6, 4.7 y 4.8 se presentan los costos de los transformadores dimensionados con los métodos presentados en el presente trabajo sin las recomendaciones planteadas en los servicios generales:

**Tabla 4.6.** Precios de los Transformadores dimensionados por el método de Arvidson sin recomendaciones en los servicios generales

| <b>Edificio</b>    | <b>Potencia del Transformadores sugeridos por este método (kVA)</b> | <b>Precio del Transformador</b> |
|--------------------|---|---------------------------------|
| Montpellier        | 60  | \$4555                          |
| Terrazas del Tenis | 75  | \$4820                          |
| Baru               | 125   | \$10290                         |
| Azai               | 75  | \$4820                          |
| Aura               | 150   | \$12376                         |
| Tamayo 6266        | 75  | \$4820                          |
| Madeyra            | 60  | \$4555                          |
| Mabec Coruña       | 60  | \$4555                          |
| Metro              | 50  | \$3350                          |
| Córdoba Plaza      | 75  | \$4820                          |

**Tabla 4.7.** Precios de los Transformadores dimensionados con la normativa NEC sin recomendaciones en los servicios generales

| <b>Edificio</b>    | <b>Potencia del Transformadores sugeridos por este método (kVA)</b> | <b>Precio del Transformador</b> |
|--------------------|---|---------------------------------|
| Montpellier        | 150   | \$12376                         |
| Terrazas del Tenis | 200   | \$20285                         |
| Baru               | 250   | \$24343,46                      |
| Azai               | 125   | \$10290                         |
| Aura               | 250   | \$24343,46                      |
| Tamayo 6266        | 100   | \$7373,68                       |
| Madeyra            | 200   | \$20285                         |
| Mabec Coruña       | 200   | \$20285                         |
| Metro              | 112,5   | \$8600                          |
| Córdoba Plaza      | 200   | \$20285                         |

**Tabla 4.8.** Precios de los Transformadores dimensionados con la normativa RBT sin recomendaciones en los servicios generales

| <b>Edificio</b>    | <b>Potencia del Transformadores sugeridos por este método (kVA)</b> | <b>Precio del Transformador</b> |
|--------------------|---|---------------------------------|
| Montpellier        | 112,5   | \$8600                          |
| Terrazas del Tenis | 150   | \$12376                         |
| Baru               | 250   | \$27343,46                      |
| Azai               | 100   | \$7373,68                       |
| Aura               | 350   | \$31675,95                      |
| Tamayo 6266        | 100   | \$7373,68                       |
| Madeyra            | 112,5   | \$8600                          |
| Mabec Coruña       | 125   | \$10290                         |

|               |     |           |
|---------------|-----|-----------|
| Metro         | 100 | \$7373,68 |
| Córdova Plaza | 125 | \$10290   |

En las Tablas 4.9, 4.10 y 4.11 se presentan los costos de los transformadores dimensionados con los métodos presentados en el presente trabajo con las recomendaciones planteadas en los servicios generales:

**Tabla 4.9.** Precios de los Transformadores dimensionados por el método de Arvidson y con recomendaciones en los servicios generales

| <b>Edificio</b>    | <b>Potencia del Transformadores sugeridos por este método (kVA)</b> | <b>Precio del Transformador</b> |
|--------------------|---|---------------------------------|
| Montpellier        | 50  | \$3350                          |
| Terrazas del Tenis | 60  | \$4555                          |
| Baru               | 112,5   | \$8600                          |
| Azai               | 75  | \$4820                          |
| Aura               | 150   | \$12376                         |
| Tamayo 6266        | 60  | \$4555                          |
| Madeyra            | 60  | \$4555                          |
| Mabec Coruña       | 50  | \$3350                          |
| Metro              | 50  | \$3350                          |
| Córdova Plaza      | 60  | \$4555                          |

**Tabla 4.10.** Precios de los Transformadores dimensionados con la normativa NEC con recomendaciones en los servicios generales

| <b>Edificio</b>    | <b>Potencia del Transformadores sugeridos por este método (kVA)</b> | <b>Precio del Transformador</b> |
|--------------------|---|---------------------------------|
| Montpellier        | 125   | \$10290                         |
| Terrazas del Tenis | 200   | \$20285                         |
| Baru               | 200   | \$20285                         |

|               |       |         |
|---------------|-------|---------|
| Azai          | 125   | \$10290 |
| Aura          | 200   | \$20285 |
| Tamayo 6266   | 75    | \$4820  |
| Madeyra       | 160   | \$14097 |
| Mabec Coruña  | 160   | \$14097 |
| Metro         | 112,5 | \$8600  |
| Córdoba Plaza | 200   | \$20285 |

**Tabla 4.11.** Precios de los Transformadores dimensionados con la normativa RBT con recomendaciones en los servicios generales

| <b>Edificio</b>    | <b>Potencia del Transformadores sugeridos por este método (kVA)</b> | <b>Precio del Transformador</b> |
|--------------------|---|---------------------------------|
| Montpellier        | 100   | \$7373,68                       |
| Terrazas del Tenis | 125   | \$10290                         |
| Baru               | 200   | \$20285                         |
| Azai               | 100   | \$7373,68                       |
| Aura               | 315   | \$29650,45                      |
| Tamayo 6266        | 100   | \$7373,68                       |
| Madeyra            | 112,5   | \$8600                          |
| Mabec Coruña       | 112,5   | \$8600                          |
| Metro              | 100   | \$7373,68                       |
| Córdoba Plaza      | 125   | \$10290                         |

Claramente se puede apreciar en las tablas anteriores que los precios referenciales dependen directamente de la potencia del transformador por lo que el principal inconveniente al momento de sobredimensionar un transformador es las pérdidas económicas cuyo valor lo asume directamente el usuario final.

En las tablas 4.12, 4.13 y 4.14 se resumen los costos de los transformadores instalados actualmente y por cada uno de los métodos sin recomendaciones en los servicios generales:

**Tabla 4.12.** Análisis comparativo entre los precios de los transformadores instalados y los dimensionados por el método de Arvidson sin recomendaciones en los servicios generales

| Nombre del Edificio | Potencia del Transformador Instalado (kVA) | Costo del Transformador Instalado | Potencia del Transformadores sugeridos por este método (kVA) | Precio del Transformador | Ahorro        |
|---------------------|--|-----------------------------------|--|--------------------------|---------------|
| Montpellier         | 125  | \$10290                           | 60   | \$4555                   | \$5735        |
| Terrazas del Tenis  | 100  | \$7373,68                         | 75   | \$3820                   | \$3553,68     |
| Baru                | 150  | \$12376                           | 125  | \$8600                   | 3776          |
| Azai                | 75   | \$4820                            | 75   | \$4820                   | No hay ahorro |
| Aura                | 200  | \$20285                           | 150  | \$12376                  | \$7909        |
| Tamayo 6266         | 112,5                                      | \$8600                            | 75   | \$4820                   | \$3780        |
| Madeyra             | 60   | \$4555                            | 60   | \$4555                   | No hay ahorro |
| Mabec Coruña        | 100  | \$7373,68                         | 60   | \$4555                   | \$2818,68     |
| Metro               | 125  | \$10290                           | 50   | \$3350                   | \$6940        |
| Córdova Plaza       | 75   | \$4820                            | 75   | \$4820                   | No hay ahorro |

**Tabla 4.13.** Análisis comparativo entre los precios de los transformadores instalados y los dimensionados por la normativa NEC sin recomendaciones en los servicios generales

| Nombre del Edificio | Potencia del Transformador Instalado (kVA) | Costo del Transformador Instalado | Potencia del Transformadores sugeridos por este método (kVA) | Precio del Transformador | Ahorro        |
|---------------------|--|-----------------------------------|--|--------------------------|---------------|
| Montpellier         | 125  | \$10290                           | 150  | \$12376                  | No hay ahorro |

|                       |       |           |       |            |                  |
|-----------------------|-------|-----------|-------|------------|------------------|
| Terrazas del<br>Tenis | 100   | \$7373,68 | 200   | \$20285    | No hay<br>ahorro |
| Baru                  | 150   | \$12376   | 250   | \$24343,46 | No hay<br>ahorro |
| Azai                  | 75    | \$4820    | 125   | \$10290    | No hay<br>ahorro |
| Aura                  | 200   | \$20285   | 250   | \$24343,46 | No hay<br>ahorro |
| Tamayo 6266           | 112,5 | \$8600    | 100   | \$7373,68  | No hay<br>ahorro |
| Madeyra               | 60    | \$4555    | 200   | \$20285    | No hay<br>ahorro |
| Mabec<br>Coruña       | 100   | \$7373,68 | 200   | \$20285    | No hay<br>ahorro |
| Metro                 | 125   | \$10290   | 112,5 | \$8600     | No hay<br>ahorro |
| Córdova<br>Plaza      | 75    | \$4820    | 200   | \$20285    | No hay<br>ahorro |

**Tabla 4.14.** Análisis comparativo entre los precios de los transformadores instalados y los dimensionados con la normativa RBT sin recomendaciones en los servicios generales

| Nombre del Edificio   | Potencia del Transformador Instalado (kVA) | Costo del Transformador Instalado | Potencia del Transformadores sugeridos por este método (kVA) | Precio del Transformador | Ahorro           |
|-----------------------|--|-----------------------------------|--|--------------------------|------------------|
| Montpellier           | 125  | \$10290                           | 112,5  | \$8600                   | \$1690           |
| Terrazas del<br>Tenis | 100  | \$7373,68                         | 150  | \$12376                  | No hay<br>ahorro |
| Baru                  | 150  | \$12376                           | 250  | \$27343,46               | No hay<br>ahorro |
| Azai                  | 75   | \$4820                            | 100  | \$7373,68                | No hay<br>ahorro |
| Aura                  | 200  | \$20285                           | 350  | \$31675,95               | No hay<br>ahorro |

|               |       |           |       |           |               |
|---------------|-------|-----------|-------|-----------|---------------|
| Tamayo 6266   | 112,5 | \$8600    | 100   | \$7373,68 | \$1226,32     |
| Madeyra       | 60    | \$4555    | 112,5 | \$8600    | No hay ahorro |
| Mabec Coruña  | 100   | \$7373,68 | 125   | \$10290   | No hay ahorro |
| Metro         | 125   | \$10290   | 100   | \$7373,68 | \$2916,32     |
| Córdova Plaza | 75    | \$4820    | 125   | \$10290   | No hay ahorro |

A excepción del dimensionamiento con el método de Arvidson donde en 3 de los transformadores dimensionados no existe un ahorro en el resto de metodologías los transformadores siguen sobredimensionados.

En las tablas 4.15, 4.16 y 4.17 se resumen los costos de los transformadores instalados actualmente y por cada uno de los métodos con recomendaciones en los servicios generales:

**Tabla 4.15.** Análisis comparativo entre los precios de los transformadores instalados y los dimensionados por el método de Arvidson con recomendaciones en los servicios generales

| Nombre del Edificio | Potencia del Transformador Instalado (kVA) | Costo del Transformador Instalado | Potencia del Transformadores sugeridos por este método (kVA) | Precio del Transformador | Ahorro        |
|---------------------|--|-----------------------------------|--|--------------------------|---------------|
| Montpellier         | 125  | \$10290                           | 50   | \$3350                   | \$6940        |
| Terrazas del Tenis  | 100  | \$7373,68                         | 60   | \$4555                   | \$2818,68     |
| Baru                | 150  | \$12376                           | 112,5  | \$8600                   | \$3776        |
| Azai                | 75   | \$4820                            | 75   | \$4820                   | No hay ahorro |
| Aura                | 200  | \$20285                           | 150  | \$12376                  | \$7909        |
| Tamayo 6266         | 112,5                                      | \$8600                            | 60   | \$4555                   | \$4045        |
| Madeyra             | 60   | \$4555                            | 60   | \$4555                   | No hay ahorro |
| Mabec Coruña        | 100  | \$7373,68                         | 50   | \$3350                   | \$4023,68     |

|                  |     |         |    |        |        |
|------------------|-----|---------|----|--------|--------|
| Metro            | 125 | \$10290 | 50 | \$3350 | \$6940 |
| Córdova<br>Plaza | 75  | \$4820  | 60 | \$4555 | \$265  |

**Tabla 4.16.** Análisis comparativo entre los precios de los transformadores instalados y los dimensionados por la normativa NEC con recomendaciones en los servicios generales

| Nombre del Edificio   | Potencia del Transformador Instalado (kVA) | Costo del Transformador Instalado | Potencia del Transformadores sugeridos por este método (kVA) | Precio del Transformador | Ahorro        |
|-----------------------|--|-----------------------------------|--|--------------------------|---------------|
| Montpellier           | 125  | \$10290                           | 125  | \$10290                  | No hay ahorro |
| Terrazas del<br>Tenis | 100  | \$7373,68                         | 200  | \$20285                  | No hay ahorro |
| Baru                  | 150  | \$12376                           | 200  | \$20285                  | No hay ahorro |
| Azai                  | 75   | \$4820                            | 125  | \$10290                  | No hay ahorro |
| Aura                  | 200  | \$20285                           | 200  | \$20285                  | No hay ahorro |
| Tamayo 6266           | 112,5                                      | \$8600                            | 75   | \$4820                   | \$3780        |
| Madeyra               | 60   | \$4555                            | 160  | \$14097                  | No hay ahorro |
| Mabec<br>Coruña       | 100  | \$7373,68                         | 160  | \$14097                  | No hay ahorro |
| Metro                 | 125  | \$10290                           | 112,5  | \$8600                   | \$1690        |
| Córdova<br>Plaza      | 75   | \$4820                            | 200  | \$20285                  | No hay ahorro |



**Tabla 4.17.** Análisis comparativo entre los precios de los transformadores instalados y los dimensionados con la normativa RBT con recomendaciones en los servicios generales

| Nombre del Edificio | Potencia del Transformador Instalado (kVA) | Costo del Transformador Instalado | Potencia del Transformadores sugeridos por este método (kVA) | Precio del Transformador | Ahorro        |
|---------------------|--|-----------------------------------|--|--------------------------|---------------|
| Montpellier         | 125  | \$10290                           | 100  | \$7373,68                | \$2916,32     |
| Terrazas del Tenis  | 100  | \$7373,68                         | 125  | \$10290                  | No hay ahorro |
| Baru                | 150  | \$12376                           | 200  | \$20285                  | No hay ahorro |
| Azai                | 75   | \$4820                            | 100  | \$7373,68                | No hay ahorro |
| Aura                | 200  | \$20285                           | 315  | \$29650,45               | No hay ahorro |
| Tamayo 6266         | 112,5                                      | \$8600                            | 100  | \$7373,68                | \$1226,32     |
| Madeyra             | 60   | \$4555                            | 112,5  | \$8600                   | No hay ahorro |
| Mabec Coruña        | 100  | \$7373,68                         | 112,5  | \$8600                   | No hay ahorro |
| Metro               | 125  | \$10290                           | 100  | \$7373,68                | \$2916.32     |
| Córdova Plaza       | 75   | \$4820                            | 125  | \$10290                  | No hay ahorro |

A pesar de las recomendaciones planteadas para los servicios generales en las normativas NEC y RBT se mantiene el sobredimensionamiento de los transformadores; si bien baja la demanda de diseño y por ende la potencia nominal, estas superan la potencia actual de los transformadores instalados; a pesar que los factores de utilización tienen un margen aceptable y en algunos casos puntuales si existe un ahorro de dinero en comparación al costo del transformador instalado.

Por lo tanto se puede apreciar que en definitiva el método de Arvidson en conjunto con el cálculo de servicios generales que actualmente se maneja como normativa en la Empresa Eléctrica Quito se aproxima con gran margen de aceptación a la realidad a la demanda de los usuarios; inclusive se puede optimizar de una mejor manera si se

utilizan las recomendaciones planteadas en los criterios de cálculo para los servicios generales; dejando abierta la posibilidad de que se pueda crear curvas características de demanda máxima, factores de variación horaria y demanda máxima diversificada propias para los usuarios sin clasificarlos en estratos.

#### 4.4.2. Otros análisis comparativos complementarios

##### 4.4.2.1. Acometida

A continuación en la Tabla 4.18 se presenta los conductores que se utilizan en las acometidas de las cámaras de transformación de acuerdo a la normativa vigente en la Empresa Eléctrica Quito.

**Tabla 4.18.** Conductores utilizados en acometidas en cámaras de transformación

| Usuario | Transformador |                 | Conductor                    |                |
|---------|---------------|-----------------|------------------------------|----------------|
|         | No de Fases   | Capacidad (kVA) | Secciones (mm <sup>2</sup> ) | Calibres (AWG) |
|         |               |                 |                              |                |
| A       | 3             | 315             | 152-107                      | 300 MCM-4/0    |
|         | 3             | 250             | 107-85                       | 4/0-3/0        |
|         | 3             | 160             | 85-54                        | 3/0-1/0        |
| B       | 3             | 160             | 67-54                        | 2/0-1/0        |
|         | 3             | 125             | 54-33                        | 1/0-2          |
|         | 3             | 100             | 54-33                        | 1/0-2          |

[9]

Como se puede apreciar en la Tabla 4.24 el calibre de los conductores que se utiliza en las diferentes acometidas depende de la potencia que tienen los transformadores; por lo que directamente la variación de este valor de acuerdo a las diferentes metodologías propuestas en el presente trabajo además de optimizar la demanda de diseño de los transformadores se optimiza también los conductores asociados a la instalación de los mismos (acometida).

Para los edificios seleccionados se tiene los tipos de usuarios A y B mismos que de acuerdo a la Tabla 4.24 nos describe potencias del transformador como mínimo de 100kVA y en los cálculos tenemos transformadores de menos capacidad que se encuentran ubicado en otros estratos menores, por lo que se aprecia nuevamente que

los estratos no indican necesariamente la potencia de diseño como se mencionó anteriormente.

### Dimensiones de transformadores

En la Tabla 4.25 se indican las dimensiones que tienen los transformadores de acuerdo a la potencia; donde se aprecia que es directamente proporcional a la potencia de los mismos; tenemos las dimensiones de tres fabricantes de transformadores de distribución presentadas a continuación:

**Tabla 4.19.** Cuadro comparativo de las medidas de un transformador de distribución.

| <b>Dimensiones de transformadores trifásicos de distribución</b> |                    |                 |               |                    |                 |               |                     |                 |               |
|--|--------------------|-----------------|---------------|--------------------|-----------------|---------------|---------------------|-----------------|---------------|
| <b>Potencia (kVA)</b>  | <b>Largo ( mm)</b> |                 |               | <b>Ancho ( mm)</b> |                 |               | <b>Altura ( mm)</b> |                 |               |
|  | <b>Rymel</b>       | <b>Ecuatran</b> | <b>Inatra</b> | <b>Rymel</b>       | <b>Ecuatran</b> | <b>Inatra</b> | <b>Rymel</b>        | <b>Ecuatran</b> | <b>Inatra</b> |
| 15   | 730                | 772             | ----          | 840                | 450             | ---           | 590                 | 815             | ---           |
| 30   | 940                | 822             | 750           | 850                | 462             | 540           | 620                 | 835             | 1050          |
| 45   | 1030               | ----            | ----          | 890                | ---             | ---           | 640                 | ---             | ---           |
| 50   | ---                | 862             | 850           | ---                | 482             | 540           | ---                 | 855             | 1080          |
| 75   | 1320               | 952             | 930           | 940                | 562             | 650           | 670                 | 875             | 1090          |
| 100  | ---                | 992             | 960           | ---                | 582             | 780           | ---                 | 875             | 1090          |
| 112.5  | 1090               | 1042            | ----          | 990                | 632             | ---           | 785                 | 895             | ---           |
| 125  | ---                | 1062            | 1050          | ---                | 642             | 870           | ---                 | 925             | 1090          |
| 150  | 1270               | 1142            | 1080          | 1090               | 712             | 870           | 1045                | 970             | 1090          |
| 200  | ---                | 1182            | 1480          | ---                | 722             | 950           | ---                 | 1070            | 1090          |
| 225  | 1290               | ---             | ----          | 1120               | ---             | ---           | 1105                | ---             | ---           |
| 250  | ---                | 1202            | 1510          | ---                | 752             | 1150          | ---                 | 1100            | 1090          |
| 300  | 1340               | 1282            | 1200          | 1180               | 782             | 1150          | 1135                | 1140            | 1260          |

Por lo que se puede apreciar en la Tabla 4.19 las dimensiones de los transformadores efectivamente varían directamente proporcional a la potencia que pueden entregar pero a excepción de las dimensiones del transformador no hay modificaciones representativas en la construcción de la cámara ya que los implementos que se utiliza en la misma son los mismos para cualquier transformador independiente de su potencia; especificaciones que se indican en la normativa y se debe seguir sin dificultades.

## CAPÍTULO 5

### 5. CONCLUSIONES

- El procedimiento para el dimensionamiento de transformadores de distribución que actualmente utiliza la Empresa Eléctrica Quito está basado en el nomograma de la REA mismo que maneja una realidad diferente a la existente actualmente en los usuarios del área de concesión de los habitantes de departamentos que fueron objetos de análisis, por lo tanto se da como resultado un sobredimensionamiento de la demanda requerida para los transformadores traduciéndose eso a un aumento en el costo por concepto de instalación de equipos y materiales por parte de la empresa y encarecimiento hacia los consumidores por concepto de energización de los edificios.
- El resultado del sobredimensionamiento de transformadores de distribución se ve reflejado en el bajo factor de utilización ya que es un indicador del uso que se le da al transformador de acuerdo a la demanda máxima de los usuarios de los edificios analizados; mismo que indica que efectivamente en la actualidad existe un sobredimensionamiento de los transformadores por las mediciones realizadas y entregadas en una base de datos.
- Los métodos NEC y RBT revisados en el presente trabajo tampoco optimizan el dimensionamiento de los transformadores de distribución debido a que también manejan realidades diferentes a la de los usuarios del área de concesión de la Empresa Eléctrica Quito debido a que el método NEC basa sus criterios para Estados Unidos y la normativa RBT para Europa por lo que como resultado se obtiene un sobredimensionamiento en los transformadores de manera especial en el método NEC cuya potencia es excesivamente grande en relación a la demanda máxima medida y factor de utilización en los edificios tomados como muestra para el estudio.
- La metodología que más se ajusta a las mediciones de demanda máxima y a la realidad de los usuarios del área de concesión de la Empresa Eléctrica Quito es el método de Arvidson y se puede ya incluir la demanda de las cocinas de inducción debido a que ya se incluye como característica de cálculo; pero se la debe trabajar en conjunto con el procedimiento para calcular los servicios generales ya que no se incluye en la normativa este procedimiento de forma específica; comprobando finalmente con todo el cálculo que este procedimiento

es la manera más adecuada de dimensionar un transformador y por ende un aumento en el factor de utilización.

- Se puede mejorar la estimación de la demanda a utilizarse en el dimensionamiento en conjunto con las recomendaciones planteadas en el presente trabajo de titulación ya que con las mismas se disminuye la estimación de la demanda de los servicios generales y en iluminación; recomendaciones que pueden aplicarse a las 3 metodologías disminuyendo la demanda de los transformadores de distribución.
- Mejorando la estimación y el dimensionamiento de los transformadores se tiene como resultado un ahorro principalmente en la parte económica tanto para la Empresa Eléctrica Quito por los equipos y materiales utilizados en la energización de los edificios, como para los usuarios finales que son los que terminan asumiendo esos costos.
- Se concluye además también que se puede realizar un estudio más detallado para aplicar el método de Arvidson debido a que en el presente trabajo de titulación se utilizó las curvas que originalmente este método maneja; por lo que para optimizar el dimensionamiento se debe encontrar las curvas de carga; los factores de variación horaria y los factores de demanda propios para los usuarios del área de concesión de la Empresa Eléctrica Quito; esto se lograría obtener con mediciones por más tiempo y con el mismo analizador.
- Se comprobó que los factores de utilización más bajos se presentan en aquellos edificios donde existe una gran cantidad de equipamiento en los servicios generales razón por la cual se recomienda seguir con las sugerencias dadas en el presente estudio en conjunto con un mejoramiento del método de Arvidson o la optimización de las normas de dimensionamiento de transformadores.
- Finalmente se concluye que las normativas y metodologías de dimensionamiento van a presentar un porcentaje de sobredimensionamiento en la demanda de los transformadores en mayor o menor cantidad dependiendo de los criterios que maneje cada una.

## CAPÍTULO 6

### 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] [http://fglongatt.org/OLD/Archivos/Archivos/SP\\_I/PPT-IntroSP.pdf](http://fglongatt.org/OLD/Archivos/Archivos/SP_I/PPT-IntroSP.pdf)
- [2] VIQUEIRA, Jacinto, L. “Redes Eléctricas” Tomo I. México, UNAM, Facultad de Ingeniería, 2004, p 12
- [3] RAMÍREZ CASTAÑO, Samuel, L. “Redes de Distribución de Energía” 1ra Edición Colombia, Centro de Publicaciones Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ingeniería, 1993, p 3
- [4] Poveda M., Planificación en Sistemas de Distribución, Quito, 1987
- [5] <http://electricidad.usal.es/Principal/Circuitos/Diccionario/Diccionario.php?b=id:405>
- [6] Análisis técnico justificativo de la actualización 05 realizada en la Norma para Sistemas de Distribución de la Empresa Eléctrica Quito, Quito, Noviembre 2014
- [7] Diversified demand method of estimating residential distribution transformer loads, Edison Electric Instalations. Volumen 8, Octubre 1998, p 469-379.
- [7] HARO NARANJO, Diana Patricia. Mejora del Factor de Utilización de Transformadores de Distribución de la Empresa Eléctrica Quito. Repositorio Digital EPN – FIEE. 2015.
- [8] NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION, National Electrical Code, Quincy Massachusetts, edition 2017.
- [9] REGLAMENTO ELECTROTÉCNICO PARA BAJA TENSIÓN E INSTRUCCIONES TÉCNICAS COMPLEMENTARIAS, Instrucciones Técnicas Complementarias 12-17; p 157 – 184, AENOR 2002.
- [10] <http://www.fluke.com/fluke/eces/medidores-de-calidad-de-la-energia-electrica/logging-power-meters/fluke-1740-series.htm?pid=56029>

# CAPÍTULO 7

## 7. ANEXOS

### 7.1 Mediciones entregadas de los Edificios

#### 7.1.1. Edificio Montpellier:

| EMPRESA ELÉCTRICA QUITO S. A.<br>DEPARTAMENTO DE CONTROL DE CALIDAD DE PRODUCTO Y PÉRDIDAS TÉCNICAS<br>SECCIÓN MEDICIÓN |  |  |  |  |   |  |
|---|--|--|--|--|---|--|
| CALIDAD DE PRODUCTO<br>Código: DI-CP-P001-F003  | ACP-2017-SEP- 20   |  | REFERENCIA:  |  |   |  |
| 1.-   | ÁREA QUE SOLICITA<br>PERSONA QUE SOLICITA<br>FECHA DE RECEPCIÓN DEL PEDIDO<br>FECHA DE DESPACHO DEL PEDIDO   | DEPARTAMENTO DE CONTROL DE CALIDAD DE PRODUCTO Y PÉRDIDAS TÉCNICAS<br>ING. SANTIAGO PEÑAFIEL<br>12/09/2017<br>19/09/2017                       |  |  |   |  |
| 2.-   | NOMBRE DEL CLIENTE:<br>DIRECCIÓN:<br>SECTOR Y ZONA:<br>PUNTO GIS:  | ARCONEL<br>LA RAZÓN Y EL MERCURIO, ÑAQUITO<br>URBANO, NORTE, ÑAQUITO<br>780835.8267 9980596 2822   |  |  |   |  |
| 3.-   | DETALLES<br>Transformador N°.<br>Montaje<br>Fases<br>Potencia (kVA)<br>Propiedad<br>Medio voltaje (V)<br>Bajo voltaje (V)<br>Subestación<br>Primario<br>Sitio de la Instalación: | 47745<br>CENTRO DE TRANSFORMADOR<br>3<br>125<br>EMPRESA<br>6300<br>220/127<br>16 (E.E. Quito / S/E 16 Río Coca)<br>DQTA-16H ((16H) ALIMENTADO) | Suministro<br>Fases<br>Equipo Instalado<br>Numero de Serie<br>Fecha de Instalación<br>Fecha de Retiro<br>Días de Lectura<br>Intervalo de registro<br>Número de registros | 0<br>3<br>FLUKE 1744<br>21473<br>12/09/2017<br>19/09/2017<br>7<br>0:10 min<br>1008 | Bornes de Baja Tensión del Transformador 47745 de 125 kVA |  |
| 4.-   | ANÁLISIS DE DEMANDAS   | VALOR  | UNIDAD   | ENERGÍAS   | VALOR UNIDAD  |  |
|   | FACTOR DE USO A DEMANDA MÍNIMA   | 16.13  | %  | POTENCIA DISPONIBLE  | 76.23 kVA   |  |
|   | FACTOR DE USO A DEMANDA MEDIA  | 25.78  | %  | FACTOR DE CARGA  | 63.05 %   |  |
|   | FACTOR DE USO A DEMANDA MÁXIMA   | 39.0   | %  | ENERGÍA EN EL PUNTO DE MEDICIÓN  | 5047.57 kWh   |  |
| 5.-   | DESCRIPCIÓN PARÁMETRO ANALIZADO  | PROM   | MAX  | MIN  | CUMPLE REG CONELEC 004/01                                 | OBSERVACIONES  |
|   | DEMANDA KW:  | 30.05  | 47.65  | 17.72  |   |  |
|   | DEMANDA KVA  | 32.24  | 48.77  | 20.18  |   |  |
|   | FACTOR DE POTENCIA TOTAL:  | 0.93   | 0.98   | 0.88   |   |  |
|   | FACTOR DE POTENCIA FASE 1  | 0.94   | 0.99   | 0.85   |   | EL 7.84% DE REGISTROS ESTAN FUERA DE LOS LÍMITES PERMITIDOS  |
|   | FACTOR DE POTENCIA FASE 2  | 0.97   | 0.99   | 0.77   |   | EL 69.94% DE REGISTROS ESTAN FUERA DE LOS LÍMITES PERMITIDOS |
|   | FACTOR DE POTENCIA FASE 3  | 0.95   | 0.99   | 0.83   |   | EL 8.53% DE REGISTROS ESTAN FUERA DE LOS LÍMITES PERMITIDOS  |
|   | VOLTAJE FASE 1   | 122.39   | 126.75   | 118.02   | SI  | EL 0.00% DE REGISTROS ESTAN FUERA DE LOS LÍMITES PERMITIDOS  |
|   | VOLTAJE FASE 2   | 123.51   | 127.79   | 119.00   | SI  | EL 0.00% DE REGISTROS ESTAN FUERA DE LOS LÍMITES PERMITIDOS  |
|   | VOLTAJE FASE 3   | 122.28   | 126.59   | 117.71   | SI  | EL 0.00% DE REGISTROS ESTAN FUERA DE LOS LÍMITES PERMITIDOS  |
|   | FLICKER CORTA DURACIÓN FASE 1  | 0.32   | 1.02   | 0.00   | SI  | EL 0.20% DE REGISTROS ESTAN FUERA DE LOS LÍMITES PERMITIDOS  |
|   | FLICKER CORTA DURACIÓN FASE 2  | 0.34   | 1.23   | 0.00   | SI  | EL 0.10% DE REGISTROS ESTAN FUERA DE LOS LÍMITES PERMITIDOS  |
|   | FLICKER CORTA DURACIÓN FASE 3  | 0.34   | 1.17   | 0.00   | SI  | EL 0.10% DE REGISTROS ESTAN FUERA DE LOS LÍMITES PERMITIDOS  |
|   | DISTORSIÓN ARMÓNICOS VOLTAJE (THD) FASE 1 (%):   | 2.20   | 2.88   | 1.85   | SI  | EL 0.00% DE REGISTROS ESTAN FUERA DE LOS LÍMITES PERMITIDOS  |
|   | DISTORSIÓN ARMÓNICOS VOLTAJE (THD) FASE 2 (%):   | 1.97   | 2.70   | 1.41   | SI  | EL 0.00% DE REGISTROS ESTAN FUERA DE LOS LÍMITES PERMITIDOS  |
|   | DISTORSIÓN ARMÓNICOS VOLTAJE (THD) FASE 3 (%):   | 2.22   | 3.00   | 1.66   | SI  | EL 0.00% DE REGISTROS ESTAN FUERA DE LOS LÍMITES PERMITIDOS  |
|   | CORRIENTE FASE 1   | 103.88   | 181.30   | 59.10  |   |  |
|   | CORRIENTE FASE 2   | 80.43  | 135.20   | 47.80  |   |  |
|   | CORRIENTE FASE 3   | 79.99  | 140.60   | 41.10  |   |  |
|   | CORRIENTE NEUTRO   | 43.16  | 82.22  | 20.83  |   |  |
|   | DESBALANCE PORCENTUAL DE CORRIENTES (%)  | 0.00   | 57.06  | 0.00   |   |  |
|   | DESBALANCE PORCENTUAL DE VOLTAJES (%)  | 1.08   | 1.32   | 0.90   |   |  |

## 7.1.2. Edificio Terrazas del Tenis

| EMPRESA ELÉCTRICA QUITO S. A.<br>DEPARTAMENTO DE CONTROL DE CALIDAD DE PRODUCTO Y PÉRDIDAS TÉCNICAS<br>SECCIÓN MEDICIÓN |  |  |                                  |                                 |                           |  |
|---|--|--|----------------------------------|---------------------------------|---------------------------|--|
| CALIDAD DE PRODUCTO<br>Código: DI-CP-P001-F003  |  | ACP-2017-OCT-54  | REFERENCIA: <input type="text"/> |                                 |                           |  |
| 1.-   | ÁREA QUE SOLICITA                              | DEPARTAMENTO DE CONTROL DE CALIDAD DE PRODUCTO Y PÉRDIDAS TÉCNICAS |                                  |                                 |                           |  |
|   | PERSONA QUE SOLICITA                           | ING. SANTIAGO PEÑAFIEL   |                                  |                                 |                           |  |
|   | FECHA DE RECEPCIÓN DEL PEDIDO                  | 29/09/2017   |                                  |                                 |                           |  |
|   | FECHA DE DESPACHO DEL PEDIDO                   | 08/10/2017   |                                  |                                 |                           |  |
| 2.-   | NOMBRE DEL CLIENTE:                            | ARCONEL  |                                  |                                 |                           |  |
|   | DIRECCIÓN:                                     | VOZ ANDEB Y BOURGUES   |                                  |                                 |                           |  |
|   | SECTOR Y ZONA:                                 | URBANO, NORTE, TERRAZA DEL TENIS                                   |                                  |                                 |                           |  |
|   | PUNTO GIS:                                     | 779810.3973 9981538 2822   |                                  |                                 |                           |  |
| 3.-   | DETALLES                                       |  |                                  |                                 |                           |  |
|   | Transformador N°.                              | 171983   | Suministro                       | 0                               |                           |  |
|   | Montaje  | CENTRO DE TRANSF. AEREO  | Fases                            | 3                               |                           |  |
|   | Fases  | 3  | Equipo Instalado                 | FLUKE 1744                      |                           |  |
|   | Potencia (kVA)                                 | 75   | Numero de Serie                  | 20915                           |                           |  |
|   | Propiedad                                      | EMPRESA  | Fecha de Instalación             | 29/09/2017                      |                           |  |
|   | Medio voltaje (V)                              | 6300   | Fecha de Retiro                  | 08/10/2017                      |                           |  |
|   | Bajo voltaje (V)                               | 220/127  | Días de Lectura                  | 7                               |                           |  |
|   | Subestación                                    | 15 (E.E. Quito / S/E 15 El Bosque)                                 | Intervalo de registro            | 0:10                            | min                       |  |
|   | Primario                                       | DQTA-15C ((15C) ALIMENTADO)  | Número de registros              | 1008                            |                           |  |
|   | Sitio de la Instalación:                       | Bornes de Baja Tensión del Transformador 171983 de 75 kVA          |                                  |                                 |                           |  |
| 4.-   | ANÁLISIS DE DEMANDAS                           | VALOR  | UNIDAD                           | ENERGÍAS                        | VALOR UNIDAD              |  |
|   | FACTOR DE USO A DEMANDA MÍNIMA                 | 0.00   | %                                | POTENCIA DISPONIBLE             | 48.84 kVA                 |  |
|   | FACTOR DE USO A DEMANDA MEDIA                  | 4.37   | %                                | FACTOR DE CARGA                 | 11.70 %                   |  |
|   | FACTOR DE USO A DEMANDA MÁXIMA                 | 34.9   | %                                | ENERGÍA EN EL PUNTO DE MEDICIÓN | 501.05 kWh                |  |
| 5.-   | DESCRIPCIÓN PARÁMETRO ANALIZADO                | PROM   | MAX                              | MIN                             | CUMPLE REG CONELEC 004/01 | OBSERVACIONES  |
|   | DEMANDA KW:                                    | 2.98   | 25.48                            | 0.00                            |                           |  |
|   | DEMANDA KVA                                    | 3.28   | 28.18                            | 0.00                            |                           |  |
|   | FACTOR DE POTENCIA TOTAL:                      | -0.91  | 0.97                             | 1.00                            |                           |  |
|   | FACTOR DE POTENCIA FASE 1                      | 0.93   | 1.00                             | -1.00                           |                           | EL 88.89% DE REGISTROS ESTAN FUERA DE LOS LÍMITES PERMITIDOS |
|   | FACTOR DE POTENCIA FASE 2                      | 0.84   | 1.00                             | -1.00                           |                           | EL 84.78% DE REGISTROS ESTAN FUERA DE LOS LÍMITES PERMITIDOS |
|   | FACTOR DE POTENCIA FASE 3                      | 0.74   | 1.00                             | -1.00                           |                           | EL 81.05% DE REGISTROS ESTAN FUERA DE LOS LÍMITES PERMITIDOS |
|   | VOLTAJE FASE 1                                 | 128.48   | 132.35                           | 123.19                          | SI                        | EL 0.00% DE REGISTROS ESTAN FUERA DE LOS LÍMITES PERMITIDOS  |
|   | VOLTAJE FASE 2                                 | 130.39   | 133.79                           | 125.57                          | SI                        | EL 0.00% DE REGISTROS ESTAN FUERA DE LOS LÍMITES PERMITIDOS  |
|   | VOLTAJE FASE 3                                 | 128.75   | 132.32                           | 123.48                          | SI                        | EL 0.00% DE REGISTROS ESTAN FUERA DE LOS LÍMITES PERMITIDOS  |
|   | FLICKER CORTA DURACIÓN FASE 1                  | 0.35   | 0.92                             | 0.00                            | SI                        | EL 0.00% DE REGISTROS ESTAN FUERA DE LOS LÍMITES PERMITIDOS  |
|   | FLICKER CORTA DURACIÓN FASE 2                  | 0.38   | 0.94                             | 0.00                            | SI                        | EL 0.00% DE REGISTROS ESTAN FUERA DE LOS LÍMITES PERMITIDOS  |
|   | FLICKER CORTA DURACIÓN FASE 3                  | 0.37   | 0.89                             | 0.00                            | SI                        | EL 0.00% DE REGISTROS ESTAN FUERA DE LOS LÍMITES PERMITIDOS  |
|   | DISTORSIÓN ARMÓNICOS VOLTAJE (THD) FASE 1 (%): | 3.24   | 4.37                             | 2.07                            | SI                        | EL 0.00% DE REGISTROS ESTAN FUERA DE LOS LÍMITES PERMITIDOS  |
|   | DISTORSIÓN ARMÓNICOS VOLTAJE (THD) FASE 2 (%): | 3.10   | 4.52                             | 1.97                            | SI                        | EL 0.00% DE REGISTROS ESTAN FUERA DE LOS LÍMITES PERMITIDOS  |
|   | DISTORSIÓN ARMÓNICOS VOLTAJE (THD) FASE 3 (%): | 3.38   | 4.75                             | 2.14                            | SI                        | EL 0.00% DE REGISTROS ESTAN FUERA DE LOS LÍMITES PERMITIDOS  |
|   | CORRIENTE FASE 1                               | 11.53  | 70.30                            | 0.00                            |                           |  |
|   | CORRIENTE FASE 2                               | 8.96   | 78.90                            | 0.00                            |                           |  |
|   | CORRIENTE FASE 3                               | 10.64  | 78.10                            | 0.00                            |                           |  |
|   | CORRIENTE NEUTRO                               | 5.72   | 18.14                            | 2.28                            |                           |  |
|   | DESBALANCE PORCENTUAL DE CORRIENTES (%)        | 0.00   | 15.01                            | 0.00                            |                           |  |
|   | DESBALANCE PORCENTUAL DE VOLTAJES (%)          | 1.92   | 1.95                             | 1.34                            |                           |  |



### 7.1.3. Edificio Baru:

| EMPRESA ELÉCTRICA QUITO S. A.<br>DEPARTAMENTO DE CONTROL DE CALIDAD DE PRODUCTO Y PÉRDIDAS TÉCNICAS<br>SECCIÓN MEDICIÓN |  |  |                                  |                                 |                           |  |        |            |   |  |         |                           |       |   |  |       |   |                  |            |  |                |     |                 |       |  |           |         |                      |            |  |                   |      |                 |            |  |                  |         |                 |   |  |             |                                  |                       |      |     |          |                             |                     |      |  |                          |  |  |  |  |  |
|---|--|--|----------------------------------|---------------------------------|---------------------------|--|--------|------------|---|--|---------|---------------------------|-------|---|--|-------|---|------------------|------------|--|----------------|-----|-----------------|-------|--|-----------|---------|----------------------|------------|--|-------------------|------|-----------------|------------|--|------------------|---------|-----------------|---|--|-------------|----------------------------------|-----------------------|------|-----|----------|-----------------------------|---------------------|------|--|--------------------------|--|--|--|--|--|
| CALIDAD DE PRODUCTO<br>Código: DI-CP-P001-F003  |  | ACP-2017-SEP-55  | REFERENCIA: <input type="text"/> |                                 |                           |  |        |            |   |  |         |                           |       |   |  |       |   |                  |            |  |                |     |                 |       |  |           |         |                      |            |  |                   |      |                 |            |  |                  |         |                 |   |  |             |                                  |                       |      |     |          |                             |                     |      |  |                          |  |  |  |  |  |
| 1.-   | ÁREA QUE SOLICITA<br>PERSONA QUE SOLICITA<br>FECHA DE RECEPCIÓN DEL PEDIDO<br>FECHA DE DESPACHO DEL PEDIDO | DEPARTAMENTO DE CONTROL DE CALIDAD DE PRODUCTO Y PÉRDIDAS TÉCNICAS<br>ING. SANTIAGO PEÑAFIEL<br>08/09/2017<br>15/09/2017   |                                  |                                 |                           |  |        |            |   |  |         |                           |       |   |  |       |   |                  |            |  |                |     |                 |       |  |           |         |                      |            |  |                   |      |                 |            |  |                  |         |                 |   |  |             |                                  |                       |      |     |          |                             |                     |      |  |                          |  |  |  |  |  |
| 2.-   | NOMBRE DEL CLIENTE:<br>DIRECCIÓN:<br>SECTOR Y ZONA:<br>PUNTO GIS:  | ARCONEL<br>CARLOS MONTUFAR Y QUITENÓ LIBRE<br>URBANO, NORTE, QUITENÓ LIBRE<br>781139.4687 9979431 2822   |                                  |                                 |                           |  |        |            |   |  |         |                           |       |   |  |       |   |                  |            |  |                |     |                 |       |  |           |         |                      |            |  |                   |      |                 |            |  |                  |         |                 |   |  |             |                                  |                       |      |     |          |                             |                     |      |  |                          |  |  |  |  |  |
| 3.-   | DETALLES   | <table border="1"> <tr> <td>Transformador N°.</td> <td>172563</td> <td>Suministro</td> <td colspan="2">0</td> </tr> <tr> <td>Montaje</td> <td>CENTRO DE TRANSF. ABIERTO</td> <td>Fases</td> <td colspan="2">3</td> </tr> <tr> <td>Fases</td> <td>3</td> <td>Equipo Instalado</td> <td colspan="2">FLUKE 1744</td> </tr> <tr> <td>Potencia (kVA)</td> <td>150</td> <td>Numero de Serie</td> <td colspan="2">20928</td> </tr> <tr> <td>Propiedad</td> <td>CLIENTE</td> <td>Fecha de Instalación</td> <td colspan="2">08/09/2017</td> </tr> <tr> <td>Medio voltaje (V)</td> <td>6300</td> <td>Fecha de Retiro</td> <td colspan="2">15/09/2017</td> </tr> <tr> <td>Bajo voltaje (V)</td> <td>220/127</td> <td>Días de Lectura</td> <td colspan="2">7</td> </tr> <tr> <td>Subestación</td> <td>1 (E.E. Quito / S/E 01 Olímpico)</td> <td>Intervalo de registro</td> <td>0:10</td> <td>min</td> </tr> <tr> <td>Primario</td> <td>DQTA-01D ((D1D) ALIMENTADO)</td> <td>Número de registros</td> <td colspan="2">1008</td> </tr> <tr> <td>Sitio de la Instalación:</td> <td colspan="5">Bornes de Baja Tensión del Transformador 172563 de 150 kVA</td> </tr> </table> |                                  |                                 |                           | Transformador N°.  | 172563 | Suministro | 0 |  | Montaje | CENTRO DE TRANSF. ABIERTO | Fases | 3 |  | Fases | 3 | Equipo Instalado | FLUKE 1744 |  | Potencia (kVA) | 150 | Numero de Serie | 20928 |  | Propiedad | CLIENTE | Fecha de Instalación | 08/09/2017 |  | Medio voltaje (V) | 6300 | Fecha de Retiro | 15/09/2017 |  | Bajo voltaje (V) | 220/127 | Días de Lectura | 7 |  | Subestación | 1 (E.E. Quito / S/E 01 Olímpico) | Intervalo de registro | 0:10 | min | Primario | DQTA-01D ((D1D) ALIMENTADO) | Número de registros | 1008 |  | Sitio de la Instalación: | Bornes de Baja Tensión del Transformador 172563 de 150 kVA |  |  |  |  |
| Transformador N°.   | 172563   | Suministro   | 0                                |                                 |                           |  |        |            |   |  |         |                           |       |   |  |       |   |                  |            |  |                |     |                 |       |  |           |         |                      |            |  |                   |      |                 |            |  |                  |         |                 |   |  |             |                                  |                       |      |     |          |                             |                     |      |  |                          |  |  |  |  |  |
| Montaje   | CENTRO DE TRANSF. ABIERTO  | Fases  | 3                                |                                 |                           |  |        |            |   |  |         |                           |       |   |  |       |   |                  |            |  |                |     |                 |       |  |           |         |                      |            |  |                   |      |                 |            |  |                  |         |                 |   |  |             |                                  |                       |      |     |          |                             |                     |      |  |                          |  |  |  |  |  |
| Fases   | 3  | Equipo Instalado   | FLUKE 1744                       |                                 |                           |  |        |            |   |  |         |                           |       |   |  |       |   |                  |            |  |                |     |                 |       |  |           |         |                      |            |  |                   |      |                 |            |  |                  |         |                 |   |  |             |                                  |                       |      |     |          |                             |                     |      |  |                          |  |  |  |  |  |
| Potencia (kVA)  | 150  | Numero de Serie  | 20928                            |                                 |                           |  |        |            |   |  |         |                           |       |   |  |       |   |                  |            |  |                |     |                 |       |  |           |         |                      |            |  |                   |      |                 |            |  |                  |         |                 |   |  |             |                                  |                       |      |     |          |                             |                     |      |  |                          |  |  |  |  |  |
| Propiedad   | CLIENTE  | Fecha de Instalación   | 08/09/2017                       |                                 |                           |  |        |            |   |  |         |                           |       |   |  |       |   |                  |            |  |                |     |                 |       |  |           |         |                      |            |  |                   |      |                 |            |  |                  |         |                 |   |  |             |                                  |                       |      |     |          |                             |                     |      |  |                          |  |  |  |  |  |
| Medio voltaje (V)   | 6300   | Fecha de Retiro  | 15/09/2017                       |                                 |                           |  |        |            |   |  |         |                           |       |   |  |       |   |                  |            |  |                |     |                 |       |  |           |         |                      |            |  |                   |      |                 |            |  |                  |         |                 |   |  |             |                                  |                       |      |     |          |                             |                     |      |  |                          |  |  |  |  |  |
| Bajo voltaje (V)  | 220/127  | Días de Lectura  | 7                                |                                 |                           |  |        |            |   |  |         |                           |       |   |  |       |   |                  |            |  |                |     |                 |       |  |           |         |                      |            |  |                   |      |                 |            |  |                  |         |                 |   |  |             |                                  |                       |      |     |          |                             |                     |      |  |                          |  |  |  |  |  |
| Subestación   | 1 (E.E. Quito / S/E 01 Olímpico)   | Intervalo de registro  | 0:10                             | min                             |                           |  |        |            |   |  |         |                           |       |   |  |       |   |                  |            |  |                |     |                 |       |  |           |         |                      |            |  |                   |      |                 |            |  |                  |         |                 |   |  |             |                                  |                       |      |     |          |                             |                     |      |  |                          |  |  |  |  |  |
| Primario  | DQTA-01D ((D1D) ALIMENTADO)  | Número de registros  | 1008                             |                                 |                           |  |        |            |   |  |         |                           |       |   |  |       |   |                  |            |  |                |     |                 |       |  |           |         |                      |            |  |                   |      |                 |            |  |                  |         |                 |   |  |             |                                  |                       |      |     |          |                             |                     |      |  |                          |  |  |  |  |  |
| Sitio de la Instalación:  | Bornes de Baja Tensión del Transformador 172563 de 150 kVA   |  |                                  |                                 |                           |  |        |            |   |  |         |                           |       |   |  |       |   |                  |            |  |                |     |                 |       |  |           |         |                      |            |  |                   |      |                 |            |  |                  |         |                 |   |  |             |                                  |                       |      |     |          |                             |                     |      |  |                          |  |  |  |  |  |
| 4.-   | ANÁLISIS DE DEMANDAS   | VALOR  | UNIDAD                           | ENERGÍAS                        | VALOR UNIDAD              |  |        |            |   |  |         |                           |       |   |  |       |   |                  |            |  |                |     |                 |       |  |           |         |                      |            |  |                   |      |                 |            |  |                  |         |                 |   |  |             |                                  |                       |      |     |          |                             |                     |      |  |                          |  |  |  |  |  |
|   | FACTOR DE USO A DEMANDA MÍNIMA   | 0.41   | %                                | POTENCIA DISPONIBLE             | 140.51 kVA                |  |        |            |   |  |         |                           |       |   |  |       |   |                  |            |  |                |     |                 |       |  |           |         |                      |            |  |                   |      |                 |            |  |                  |         |                 |   |  |             |                                  |                       |      |     |          |                             |                     |      |  |                          |  |  |  |  |  |
|   | FACTOR DE USO A DEMANDA MEDIA  | 2.43   | %                                | FACTOR DE CARGA                 | 36.65 %                   |  |        |            |   |  |         |                           |       |   |  |       |   |                  |            |  |                |     |                 |       |  |           |         |                      |            |  |                   |      |                 |            |  |                  |         |                 |   |  |             |                                  |                       |      |     |          |                             |                     |      |  |                          |  |  |  |  |  |
|   | FACTOR DE USO A DEMANDA MÁXIMA   | 6.3  | %                                | ENERGÍA EN EL PUNTO DE MEDICIÓN | 552.75 kWh                |  |        |            |   |  |         |                           |       |   |  |       |   |                  |            |  |                |     |                 |       |  |           |         |                      |            |  |                   |      |                 |            |  |                  |         |                 |   |  |             |                                  |                       |      |     |          |                             |                     |      |  |                          |  |  |  |  |  |
| 5.-   | DESCRIPCIÓN PARÁMETRO ANALIZADO  | PROM   | MAX                              | MIN                             | CUMPLE REG CONELEC 004/01 | OBSERVACIONES  |        |            |   |  |         |                           |       |   |  |       |   |                  |            |  |                |     |                 |       |  |           |         |                      |            |  |                   |      |                 |            |  |                  |         |                 |   |  |             |                                  |                       |      |     |          |                             |                     |      |  |                          |  |  |  |  |  |
|   | DEMANDA KW:  | 3.29   | 8.98                             | 0.53                            |                           |  |        |            |   |  |         |                           |       |   |  |       |   |                  |            |  |                |     |                 |       |  |           |         |                      |            |  |                   |      |                 |            |  |                  |         |                 |   |  |             |                                  |                       |      |     |          |                             |                     |      |  |                          |  |  |  |  |  |
|   | DEMANDA KVA  | 3.64   | 9.49                             | 0.61                            |                           |  |        |            |   |  |         |                           |       |   |  |       |   |                  |            |  |                |     |                 |       |  |           |         |                      |            |  |                   |      |                 |            |  |                  |         |                 |   |  |             |                                  |                       |      |     |          |                             |                     |      |  |                          |  |  |  |  |  |
|   | FACTOR DE POTENCIA TOTAL:  | 0.90   | 0.95                             | 0.87                            |                           |  |        |            |   |  |         |                           |       |   |  |       |   |                  |            |  |                |     |                 |       |  |           |         |                      |            |  |                   |      |                 |            |  |                  |         |                 |   |  |             |                                  |                       |      |     |          |                             |                     |      |  |                          |  |  |  |  |  |
|   | FACTOR DE POTENCIA FASE 1  | 0.94   | 1.00                             | -1.00                           |                           | EL 78.37% DE REGISTROS ESTAN FUERA DE LOS LÍMITES PERMITIDOS |        |            |   |  |         |                           |       |   |  |       |   |                  |            |  |                |     |                 |       |  |           |         |                      |            |  |                   |      |                 |            |  |                  |         |                 |   |  |             |                                  |                       |      |     |          |                             |                     |      |  |                          |  |  |  |  |  |
|   | FACTOR DE POTENCIA FASE 2  | 0.88   | 1.00                             | -1.00                           |                           | EL 44.84% DE REGISTROS ESTAN FUERA DE LOS LÍMITES PERMITIDOS |        |            |   |  |         |                           |       |   |  |       |   |                  |            |  |                |     |                 |       |  |           |         |                      |            |  |                   |      |                 |            |  |                  |         |                 |   |  |             |                                  |                       |      |     |          |                             |                     |      |  |                          |  |  |  |  |  |
|   | FACTOR DE POTENCIA FASE 3  | 0.62   | 1.00                             | -0.98                           |                           | EL 66.37% DE REGISTROS ESTAN FUERA DE LOS LÍMITES PERMITIDOS |        |            |   |  |         |                           |       |   |  |       |   |                  |            |  |                |     |                 |       |  |           |         |                      |            |  |                   |      |                 |            |  |                  |         |                 |   |  |             |                                  |                       |      |     |          |                             |                     |      |  |                          |  |  |  |  |  |
|   | VOLTAJE FASE 1   | 128.92   | 133.32                           | 124.45                          | SI                        | EL 0.00% DE REGISTROS ESTAN FUERA DE LOS LÍMITES PERMITIDOS  |        |            |   |  |         |                           |       |   |  |       |   |                  |            |  |                |     |                 |       |  |           |         |                      |            |  |                   |      |                 |            |  |                  |         |                 |   |  |             |                                  |                       |      |     |          |                             |                     |      |  |                          |  |  |  |  |  |
|   | VOLTAJE FASE 2   | 129.49   | 134.11                           | 124.74                          | SI                        | EL 0.00% DE REGISTROS ESTAN FUERA DE LOS LÍMITES PERMITIDOS  |        |            |   |  |         |                           |       |   |  |       |   |                  |            |  |                |     |                 |       |  |           |         |                      |            |  |                   |      |                 |            |  |                  |         |                 |   |  |             |                                  |                       |      |     |          |                             |                     |      |  |                          |  |  |  |  |  |
|   | VOLTAJE FASE 3   | 130.94   | 135.48                           | 126.41                          | SI                        | EL 0.00% DE REGISTROS ESTAN FUERA DE LOS LÍMITES PERMITIDOS  |        |            |   |  |         |                           |       |   |  |       |   |                  |            |  |                |     |                 |       |  |           |         |                      |            |  |                   |      |                 |            |  |                  |         |                 |   |  |             |                                  |                       |      |     |          |                             |                     |      |  |                          |  |  |  |  |  |
|   | FLICKER CORTA DURACIÓN FASE 1  | 0.34   | 0.99                             | 0.16                            | SI                        | EL 0.00% DE REGISTROS ESTAN FUERA DE LOS LÍMITES PERMITIDOS  |        |            |   |  |         |                           |       |   |  |       |   |                  |            |  |                |     |                 |       |  |           |         |                      |            |  |                   |      |                 |            |  |                  |         |                 |   |  |             |                                  |                       |      |     |          |                             |                     |      |  |                          |  |  |  |  |  |
|   | FLICKER CORTA DURACIÓN FASE 2  | 0.33   | 0.85                             | 0.16                            | SI                        | EL 0.00% DE REGISTROS ESTAN FUERA DE LOS LÍMITES PERMITIDOS  |        |            |   |  |         |                           |       |   |  |       |   |                  |            |  |                |     |                 |       |  |           |         |                      |            |  |                   |      |                 |            |  |                  |         |                 |   |  |             |                                  |                       |      |     |          |                             |                     |      |  |                          |  |  |  |  |  |
|   | FLICKER CORTA DURACIÓN FASE 3  | 0.34   | 0.80                             | 0.16                            | SI                        | EL 0.00% DE REGISTROS ESTAN FUERA DE LOS LÍMITES PERMITIDOS  |        |            |   |  |         |                           |       |   |  |       |   |                  |            |  |                |     |                 |       |  |           |         |                      |            |  |                   |      |                 |            |  |                  |         |                 |   |  |             |                                  |                       |      |     |          |                             |                     |      |  |                          |  |  |  |  |  |
|   | DISTORSIÓN ARMÓNICA VOLTAJE (THD) FASE 1 (%):  | 3.40   | 5.29                             | 1.85                            | SI                        | EL 0.00% DE REGISTROS ESTAN FUERA DE LOS LÍMITES PERMITIDOS  |        |            |   |  |         |                           |       |   |  |       |   |                  |            |  |                |     |                 |       |  |           |         |                      |            |  |                   |      |                 |            |  |                  |         |                 |   |  |             |                                  |                       |      |     |          |                             |                     |      |  |                          |  |  |  |  |  |
|   | DISTORSIÓN ARMÓNICA VOLTAJE (THD) FASE 2 (%):  | 3.18   | 4.98                             | 1.73                            | SI                        | EL 0.00% DE REGISTROS ESTAN FUERA DE LOS LÍMITES PERMITIDOS  |        |            |   |  |         |                           |       |   |  |       |   |                  |            |  |                |     |                 |       |  |           |         |                      |            |  |                   |      |                 |            |  |                  |         |                 |   |  |             |                                  |                       |      |     |          |                             |                     |      |  |                          |  |  |  |  |  |
|   | DISTORSIÓN ARMÓNICA VOLTAJE (THD) FASE 3 (%):  | 3.17   | 4.97                             | 1.75                            | SI                        | EL 0.00% DE REGISTROS ESTAN FUERA DE LOS LÍMITES PERMITIDOS  |        |            |   |  |         |                           |       |   |  |       |   |                  |            |  |                |     |                 |       |  |           |         |                      |            |  |                   |      |                 |            |  |                  |         |                 |   |  |             |                                  |                       |      |     |          |                             |                     |      |  |                          |  |  |  |  |  |
|   | CORRIENTE FASE 1   | 13.76  | 34.00                            | 4.20                            |                           |  |        |            |   |  |         |                           |       |   |  |       |   |                  |            |  |                |     |                 |       |  |           |         |                      |            |  |                   |      |                 |            |  |                  |         |                 |   |  |             |                                  |                       |      |     |          |                             |                     |      |  |                          |  |  |  |  |  |
|   | CORRIENTE FASE 2   | 7.94   | 26.80                            | 0.00                            |                           |  |        |            |   |  |         |                           |       |   |  |       |   |                  |            |  |                |     |                 |       |  |           |         |                      |            |  |                   |      |                 |            |  |                  |         |                 |   |  |             |                                  |                       |      |     |          |                             |                     |      |  |                          |  |  |  |  |  |
|   | CORRIENTE FASE 3   | 10.85  | 29.10                            | 0.00                            |                           |  |        |            |   |  |         |                           |       |   |  |       |   |                  |            |  |                |     |                 |       |  |           |         |                      |            |  |                   |      |                 |            |  |                  |         |                 |   |  |             |                                  |                       |      |     |          |                             |                     |      |  |                          |  |  |  |  |  |
|   | CORRIENTE NEUTRO   | 5.50   | 24.64                            | 1.78                            |                           |  |        |            |   |  |         |                           |       |   |  |       |   |                  |            |  |                |     |                 |       |  |           |         |                      |            |  |                   |      |                 |            |  |                  |         |                 |   |  |             |                                  |                       |      |     |          |                             |                     |      |  |                          |  |  |  |  |  |
|   | DESBALANCE PORCENTUAL DE CORRIENTES (%)  | 0.00   | 74.42                            | 0.00                            |                           |  |        |            |   |  |         |                           |       |   |  |       |   |                  |            |  |                |     |                 |       |  |           |         |                      |            |  |                   |      |                 |            |  |                  |         |                 |   |  |             |                                  |                       |      |     |          |                             |                     |      |  |                          |  |  |  |  |  |
|   | DESBALANCE PORCENTUAL DE VOLTAJES (%)  | 1.50   | 1.74                             | 1.41                            |                           |  |        |            |   |  |         |                           |       |   |  |       |   |                  |            |  |                |     |                 |       |  |           |         |                      |            |  |                   |      |                 |            |  |                  |         |                 |   |  |             |                                  |                       |      |     |          |                             |                     |      |  |                          |  |  |  |  |  |

### 7.1.4. Edificio Azai:

| EMPRESA ELÉCTRICA QUITO S. A.<br>DEPARTAMENTO DE CONTROL DE CALIDAD DE PRODUCTO Y PÉRDIDAS TÉCNICAS<br>SECCIÓN MEDICIÓN |  |  |                       |                                 |                              |  |
|---|--|--|-----------------------|---------------------------------|------------------------------|--|
| CALIDAD DE PRODUCTO<br>Código: DI-CP-P001-F003  | ACP-2017-OCT-56  | REFERENCIA:  |                       |                                 |                              |  |
| 1.-   | ÁREA QUE SOLICITA<br>PERSONA QUE SOLICITA<br>FECHA DE RECEPCIÓN DEL PEDIDO<br>FECHA DE DESPACHO DEL PEDIDO | DEPARTAMENTO DE CONTROL DE CALIDAD DE PRODUCTO Y PÉRDIDAS TÉCNICAS<br>ING. SANTIAGO PEÑAFIEL<br>28/09/2017<br>05/10/2017 |                       |                                 |                              |  |
| 2.-   | NOMBRE DEL CLIENTE:<br>DIRECCIÓN:<br>SECTOR Y ZONA:<br>PUNTO GIS:  | ARCONEL<br>SAN FRANCISCO Y BOUGUER<br>URBANO, NORTE,<br>779520.23 9981548 2822   |                       |                                 |                              |  |
| 3.-   | DETALLES   |  |                       |                                 |                              |  |
|   | Transformador N°.  | 47015  | Suministro            | 0                               |                              |  |
|   | Montaje  | CENTRO DE TRANSF. ABRED  | Fases                 | 2                               |                              |  |
|   | Fases  | 3  | Equipo Instalado      | FLUKE 1744                      |                              |  |
|   | Potencia (kVA)   | 75   | Numero de Serie       | 20717                           |                              |  |
|   | Propiedad  | EMPRESA  | Fecha de Instalación  | 28/09/2017                      |                              |  |
|   | Medio voltaje (V)  | 6300   | Fecha de Retiro       | 05/10/2017                      |                              |  |
|   | Bajo voltaje (V)   | 220/127  | Días de Lectura       | 7                               |                              |  |
|   | Subestación  | 15 (E.E. Quito / S/E 15 El Bosque  | Intervalo de registro | 0:10                            | min                          |  |
|   | Primario   | DQTA-15C ((15C) ALIMENTADO)  | Número de registros   | 1008                            |                              |  |
|   | Sitio de la Instalación:   | Bornes de Baja Tensión del Transformador 47015 de 75 KVA   |                       |                                 |                              |  |
| 4.-   | ANÁLISIS DE DEMANDAS   | VALOR  | UNIDAD                | ENERGÍAS                        | VALOR                        | UNIDAD   |
|   | FACTOR DE USO A DEMANDA MÍNIMA   | 28.17  | %                     | POTENCIA DISPONIBLE             | 8.87                         | kVA  |
|   | FACTOR DE USO A DEMANDA MEDIA  | 47.47  | %                     | FACTOR DE CARGA                 | 52.19                        | %  |
|   | FACTOR DE USO A DEMANDA MÁXIMA   | 88.2   | %                     | ENERGÍA EN EL PUNTO DE MEDICIÓN | 11324.58                     | kWh  |
| 5.-   | DESCRIPCIÓN PARÁMETRO ANALIZADO  | PROM   | MAX                   | MIN                             | CUMPLE REG<br>CONELEC 004/01 | OBSERVACIONES  |
|   | DEMANDA KW:  | 33.72  | 64.61                 | 19.25                           |                              |  |
|   | DEMANDA KVA  | 35.81  | 66.13                 | 21.13                           |                              |  |
|   | FACTOR DE POTENCIA TOTAL:  | 0.95   | 0.98                  | 0.91                            |                              |  |
|   | FACTOR DE POTENCIA FASE 1  | 0.95   | 1.00                  | -1.00                           |                              | d. 27.00% DE REGISTROS ESTAN FUERA DE LOS LÍMITES PERMITIDOS |
|   | FACTOR DE POTENCIA FASE 2  | 0.92   | 0.99                  | 0.80                            |                              | d. 30.69% DE REGISTROS ESTAN FUERA DE LOS LÍMITES PERMITIDOS |
|   | FACTOR DE POTENCIA FASE 3  | 0.93   | 0.99                  | 0.84                            |                              | d. 28.99% DE REGISTROS ESTAN FUERA DE LOS LÍMITES PERMITIDOS |
|   | VOLTAJE FASE 1   | 127.82   | 131.51                | 121.95                          | SI                           | d. 0.00% DE REGISTROS ESTAN FUERA DE LOS LÍMITES PERMITIDOS  |
|   | VOLTAJE FASE 2   | 129.48   | 132.98                | 124.32                          | SI                           | d. 0.00% DE REGISTROS ESTAN FUERA DE LOS LÍMITES PERMITIDOS  |
|   | VOLTAJE FASE 3   | 128.02   | 131.53                | 122.45                          | SI                           | d. 0.00% DE REGISTROS ESTAN FUERA DE LOS LÍMITES PERMITIDOS  |
|   | FLICKER CORTA DURACIÓN FASE 1  | 0.32   | 0.92                  | 0.00                            | SI                           | d. 0.00% DE REGISTROS ESTAN FUERA DE LOS LÍMITES PERMITIDOS  |
|   | FLICKER CORTA DURACIÓN FASE 2  | 0.35   | 1.12                  | 0.12                            | SI                           | d. 0.10% DE REGISTROS ESTAN FUERA DE LOS LÍMITES PERMITIDOS  |
|   | FLICKER CORTA DURACIÓN FASE 3  | 0.34   | 1.01                  | 0.00                            | SI                           | d. 0.10% DE REGISTROS ESTAN FUERA DE LOS LÍMITES PERMITIDOS  |
|   | DISTORSIÓN ARMÓNICOS VOLTAJE (THD) FASE 1 (%):   | 3.31   | 4.60                  | 2.10                            | SI                           | d. 0.00% DE REGISTROS ESTAN FUERA DE LOS LÍMITES PERMITIDOS  |
|   | DISTORSIÓN ARMÓNICOS VOLTAJE (THD) FASE 2 (%):   | 3.13   | 4.63                  | 1.75                            | SI                           | d. 0.00% DE REGISTROS ESTAN FUERA DE LOS LÍMITES PERMITIDOS  |
|   | DISTORSIÓN ARMÓNICOS VOLTAJE (THD) FASE 3 (%):   | 3.47   | 4.98                  | 2.13                            | SI                           | d. 0.00% DE REGISTROS ESTAN FUERA DE LOS LÍMITES PERMITIDOS  |
|   | CORRIENTE FASE 1   | 98.54  | 205.80                | 53.70                           |                              |  |
|   | CORRIENTE FASE 2   | 107.21   | 244.90                | 58.70                           |                              |  |
|   | CORRIENTE FASE 3   | 77.16  | 154.50                | 34.00                           |                              |  |
|   | CORRIENTE NEUTRO   | 14.96  | 36.31                 | 6.00                            |                              |  |
|   | DESBALANCE PORCENTUAL DE CORRIENTES (%)  | 0.00   | 32.97                 | 0.00                            |                              |  |
|   | DESBALANCE PORCENTUAL DE VOLTAJES (%)  | 1.90   | 1.85                  | 1.12                            |                              |  |

### 7.1.5. Edificio Aura:

| EMPRESA ELÉCTRICA QUITO S. A.<br>DEPARTAMENTO DE CONTROL DE CALIDAD DE PRODUCTO Y PÉRDIDAS TÉCNICAS<br>SECCIÓN MEDICIÓN |  |  |                                  |                                 |                           |  |
|---|--|--|----------------------------------|---------------------------------|---------------------------|--|
| CALIDAD DE PRODUCTO<br>Código: DI-CP-P001-F003  |  | ACP-2017-SEP- 14   | REFERENCIA: <input type="text"/> |                                 |                           |  |
| 1.-   | ÁREA QUE SOLICITA                            | DEPARTAMENTO DE CONTROL DE CALIDAD DE PRODUCTO Y PÉRDIDAS TÉCNICAS |                                  |                                 |                           |  |
|   | PERSONA QUE SOLICITA                         | ING. SANTIAGO PEÑAFIEL   |                                  |                                 |                           |  |
|   | FECHA DE RECEPCIÓN DEL PEDIDO                | 07/09/2017   |                                  |                                 |                           |  |
|   | FECHA DE DESPACHO DEL PEDIDO                 | 14/09/2017   |                                  |                                 |                           |  |
| 2.-   | NOMBRE DEL CLIENTE:                          | ARCONEL  |                                  |                                 |                           |  |
|   | DIRECCIÓN:                                   | CORUÑA Y CAMAÑO AURA   |                                  |                                 |                           |  |
|   | SECTOR Y ZONA:                               | URBANO, NORTE, LA CAROLINA   |                                  |                                 |                           |  |
|   | PUNTO GIS:                                   | 780717.3717 9978541 2822   |                                  |                                 |                           |  |
| 3.-   | DETALLES                                     |  |                                  |                                 |                           |  |
|   | Transformador N°.                            | 171497   | Suministro                       | 0                               |                           |  |
|   | Montaje                                      | CAMARA DE TRANSF.  | Fases                            | 3                               |                           |  |
|   | Fases  | 3  | Equipo Instalado                 | FLUKE 1744                      |                           |  |
|   | Potencia (kVA)                               | 200  | Numero de Serie                  | 20130                           |                           |  |
|   | Propiedad                                    | EMPRESA  | Fecha de Instalación             | 07/09/2017                      |                           |  |
|   | Medio voltaje (V)                            | 6300   | Fecha de Retiro                  | 14/09/2017                      |                           |  |
|   | Bajo voltaje (V)                             | 220/127  | Días de Lectura                  | 7                               |                           |  |
|   | Subestación                                  | 24 (E.E. Quito / S/E 24 Carolina)                                  | Intervalo de registro            | 0:10 min                        |                           |  |
|   | Primario                                     | DQTA-24A (24A) ALIMENTADO  | Número de registros              | 1008                            |                           |  |
|   | Sitio de la Instalación:                     | Bornes de Baja Tensión del Transformador 171497 de 200 kVA         |                                  |                                 |                           |  |
| 4.-   | ANÁLISIS DE DEMANDAS                         | VALOR  | UNIDAD                           | ENERGÍAS                        | VALOR UNIDAD              |  |
|   | FACTOR DE USO A DEMANDA MÍNIMA               | 4.62   | %                                | POTENCIA DISPONIBLE             | 154.90 kVA                |  |
|   | FACTOR DE USO A DEMANDA MEDIA                | 12.79  | %                                | FACTOR DE CARGA                 | 57.14 %                   |  |
|   | FACTOR DE USO A DEMANDA MÁXIMA               | 22.5   | %                                | ENERGÍA EN EL PUNTO DE MEDICIÓN | 8350.67 kWh               |  |
| 5.-   | DESCRIPCIÓN PARÁMETRO ANALIZADO              | PROM   | MAX                              | MIN                             | CUMPLE REG CONELEC 004/01 | OBSERVACIONES  |
|   | DEMANDA KW:                                  | 24.87  | 43.52                            | 8.49                            |                           |  |
|   | DEMANDA KVA                                  | 25.58  | 45.10                            | 9.24                            |                           |  |
|   | FACTOR DE POTENCIA TOTAL:                    | 0.97   | 0.97                             | 0.92                            |                           |  |
|   | FACTOR DE POTENCIA FASE 1                    | 0.98   | 1.00                             | -1.00                           | SI                        | EL 38.11% DE REGISTROS ESTAN FUERA DE LOS LÍMITES PERMITIDOS |
|   | FACTOR DE POTENCIA FASE 2                    | 1.00   | 1.00                             | -1.00                           | SI                        | EL 57.74% DE REGISTROS ESTAN FUERA DE LOS LÍMITES PERMITIDOS |
|   | FACTOR DE POTENCIA FASE 3                    | 0.98   | 1.00                             | -1.00                           | SI                        | EL 5.18% DE REGISTROS ESTAN FUERA DE LOS LÍMITES PERMITIDOS  |
|   | VOLTAJE FASE 1                               | 126.13   | 128.28                           | 123.08                          | SI                        | EL 0.00% DE REGISTROS ESTAN FUERA DE LOS LÍMITES PERMITIDOS  |
|   | VOLTAJE FASE 2                               | 125.09   | 127.02                           | 122.42                          | SI                        | EL 0.00% DE REGISTROS ESTAN FUERA DE LOS LÍMITES PERMITIDOS  |
|   | VOLTAJE FASE 3                               | 125.40   | 127.47                           | 122.85                          | SI                        | EL 0.00% DE REGISTROS ESTAN FUERA DE LOS LÍMITES PERMITIDOS  |
|   | FLICKER CORTA DURACIÓN FASE 1                | 0.35   | 0.95                             | 0.00                            | SI                        | EL 0.00% DE REGISTROS ESTAN FUERA DE LOS LÍMITES PERMITIDOS  |
|   | FLICKER CORTA DURACIÓN FASE 2                | 0.33   | 1.17                             | 0.00                            | SI                        | EL 0.10% DE REGISTROS ESTAN FUERA DE LOS LÍMITES PERMITIDOS  |
|   | FLICKER CORTA DURACIÓN FASE 3                | 0.35   | 1.39                             | 0.00                            | SI                        | EL 0.30% DE REGISTROS ESTAN FUERA DE LOS LÍMITES PERMITIDOS  |
|   | DISTORSIÓN ARMÓNICA VOLTAJE (THD) FASE 1 (%) | 2.22   | 3.20                             | 1.35                            | SI                        | EL 0.00% DE REGISTROS ESTAN FUERA DE LOS LÍMITES PERMITIDOS  |
|   | DISTORSIÓN ARMÓNICA VOLTAJE (THD) FASE 2 (%) | 2.30   | 3.37                             | 1.39                            | SI                        | EL 0.00% DE REGISTROS ESTAN FUERA DE LOS LÍMITES PERMITIDOS  |
|   | DISTORSIÓN ARMÓNICA VOLTAJE (THD) FASE 3 (%) | 2.15   | 2.98                             | 1.20                            | SI                        | EL 0.00% DE REGISTROS ESTAN FUERA DE LOS LÍMITES PERMITIDOS  |
|   | CORRIENTE FASE 1                             | 65.12  | 132.10                           | 17.60                           |                           |  |
|   | CORRIENTE FASE 2                             | 68.45  | 143.20                           | 16.40                           |                           |  |
|   | CORRIENTE FASE 3                             | 76.84  | 141.80                           | 29.10                           |                           |  |
|   | CORRIENTE NEUTRO                             | 31.84  | 54.30                            | 14.91                           |                           |  |
|   | DESBALANCE PORCENTUAL DE CORRIENTES (%)      | 0.00   | 29.49                            | 0.00                            |                           |  |
|   | DESBALANCE PORCENTUAL DE VOLTAJES (%)        | 1.21   | 1.08                             | 0.90                            |                           |  |

### 7.1.6. Edificio Tamayo 6266:

| EMPRESA ELÉCTRICA QUITO S. A.<br>DEPARTAMENTO DE CONTROL DE CALIDAD DE PRODUCTO Y PÉRDIDAS TÉCNICAS<br>SECCIÓN MEDICIÓN |   |  |                                  |                                 |                           |  |
|---|---|--|----------------------------------|---------------------------------|---------------------------|--|
| CALIDAD DE PRODUCTO<br>Código: DI-CP-P001-F003  |   | ACP-2017-OCT- 58   | REFERENCIA: <input type="text"/> |                                 |                           |  |
| 1.-   | ÁREA QUE SOLICITA                             | DEPARTAMENTO DE CONTROL DE CALIDAD DE PRODUCTO Y PÉRDIDAS TÉCNICAS |                                  |                                 |                           |  |
|   | PERSONA QUE SOLICITA                          | ING. SANTIAGO PEÑAFIEL   |                                  |                                 |                           |  |
|   | FECHA DE RECEPCIÓN DEL PEDIDO                 | 10/10/2017   |                                  |                                 |                           |  |
|   | FECHA DE DESPACHO DEL PEDIDO                  | 17/10/2017   |                                  |                                 |                           |  |
| 2.-   | NOMBRE DEL CLIENTE:                           | ARCONEL  |                                  |                                 |                           |  |
|   | DIRECCIÓN:                                    | JOSE TAMAYO Y VENTIMILLA   |                                  |                                 |                           |  |
|   | SECTOR Y ZONA:                                | URBANO, NORTE, 12 DE OCTUBRE                                       |                                  |                                 |                           |  |
|   | PUNTO GIS:                                    | 779337.3902 9977098 2822   |                                  |                                 |                           |  |
| 3.-   | DETALLES                                      |  |                                  |                                 |                           |  |
|   | Transformador N°.                             | 15641  | Suministro                       |                                 | 0                         |  |
|   | Montaje                                       | CENTRO DE TRANSF. ABIERTO  | Fases                            |                                 | 3                         |  |
|   | Fases   | 3  | Equipo Instalado                 |                                 | FLUKE 1744                |  |
|   | Potencia (kVA)                                | 112.5  | Numero de Serie                  |                                 | 20655                     |  |
|   | Propiedad                                     | EMPRESA  | Fecha de Instalación             |                                 | 10/10/2017                |  |
|   | Medio voltaje (V)                             | 6300   | Fecha de Retiro                  |                                 | 17/10/2017                |  |
|   | Bajo voltaje (V)                              | 220/127  | Días de Lectura                  |                                 | 7                         |  |
|   | Subestación                                   | 10 (E.E. Quito / S/E 10 Diez Veja)                                 | Intervalo de registro            |                                 | 0:10 min                  |  |
|   | Primario                                      | DQTA-10B ((10B) ALIMENTADO)  | Número de registros              |                                 | 1008                      |  |
|   | Sitio de la Instalación:                      | Bornes de Baja Tensión del Transformador 15641 de 112.5 kVA        |                                  |                                 |                           |  |
| 4.-   | ANÁLISIS DE DEMANDAS                          | VALOR  | UNIDAD                           | ENERGÍAS                        | VALOR UNIDAD              |  |
|   | FACTOR DE USO A DEMANDA MÍNIMA                | 2.58   | %                                | POTENCIA DISPONIBLE             | 92.66 kVA                 |  |
|   | FACTOR DE USO A DEMANDA MEDIA                 | 7.11   | %                                | FACTOR DE CARGA                 | 32.08 %                   |  |
|   | FACTOR DE USO A DEMANDA MÁXIMA                | 17.6   | %                                | ENERGÍA EN EL PUNTO DE MEDICIÓN | 965.47 kWh                |  |
| 5.-   | DESCRIPCIÓN PARÁMETRO ANALIZADO               | PROM   | MAX                              | MIN                             | CUMPLE REG CONELEC 004/01 | OBSERVACIONES  |
|   | DEMANDA KW:                                   | 5.75   | 17.92                            | 1.57                            |                           |  |
|   | DEMANDA KVA                                   | 8.00   | 19.84                            | 2.90                            |                           |  |
|   | FACTOR DE POTENCIA TOTAL:                     | 0.72   | 0.90                             | 0.54                            |                           |  |
|   | FACTOR DE POTENCIA FASE 1                     | 0.89   | 1.00                             | -1.00                           |                           | EL 40.00% DE REGISTROS ESTAN FUERA DE LOS LÍMITES PERMITIDOS |
|   | FACTOR DE POTENCIA FASE 2                     | 0.88   | 1.00                             | -1.00                           |                           | EL 43.15% DE REGISTROS ESTAN FUERA DE LOS LÍMITES PERMITIDOS |
|   | FACTOR DE POTENCIA FASE 3                     | 0.52   | 1.00                             | -0.82                           |                           | EL 99.80% DE REGISTROS ESTAN FUERA DE LOS LÍMITES PERMITIDOS |
|   | VOLTAJE FASE 1                                | 125.00   | 127.15                           | 122.89                          | SI                        | EL 0.00% DE REGISTROS ESTAN FUERA DE LOS LÍMITES PERMITIDOS  |
|   | VOLTAJE FASE 2                                | 126.03   | 128.19                           | 123.74                          | SI                        | EL 0.00% DE REGISTROS ESTAN FUERA DE LOS LÍMITES PERMITIDOS  |
|   | VOLTAJE FASE 3                                | 124.92   | 127.14                           | 122.79                          | SI                        | EL 0.00% DE REGISTROS ESTAN FUERA DE LOS LÍMITES PERMITIDOS  |
|   | FLICKER CORTA DURACIÓN FASE 1                 | 0.42   | 1.27                             | 0.00                            | SI                        | EL 0.30% DE REGISTROS ESTAN FUERA DE LOS LÍMITES PERMITIDOS  |
|   | FLICKER CORTA DURACIÓN FASE 2                 | 0.45   | 1.31                             | 0.12                            | SI                        | EL 0.30% DE REGISTROS ESTAN FUERA DE LOS LÍMITES PERMITIDOS  |
|   | FLICKER CORTA DURACIÓN FASE 3                 | 0.46   | 1.42                             | 0.00                            | SI                        | EL 0.40% DE REGISTROS ESTAN FUERA DE LOS LÍMITES PERMITIDOS  |
|   | DISTORSIÓN ARMÓNICOS VOLTAJE (THD) FASE 1 (%) | 2.04   | 2.73                             | 1.32                            | SI                        | EL 0.00% DE REGISTROS ESTAN FUERA DE LOS LÍMITES PERMITIDOS  |
|   | DISTORSIÓN ARMÓNICOS VOLTAJE (THD) FASE 2 (%) | 2.03   | 2.75                             | 1.34                            | SI                        | EL 0.00% DE REGISTROS ESTAN FUERA DE LOS LÍMITES PERMITIDOS  |
|   | DISTORSIÓN ARMÓNICOS VOLTAJE (THD) FASE 3 (%) | 2.08   | 2.77                             | 1.37                            | SI                        | EL 0.00% DE REGISTROS ESTAN FUERA DE LOS LÍMITES PERMITIDOS  |
|   | CORRIENTE FASE 1                              | 25.15  | 77.70                            | 6.80                            |                           |  |
|   | CORRIENTE FASE 2                              | 28.61  | 95.50                            | 7.60                            |                           |  |
|   | CORRIENTE FASE 3                              | 11.68  | 48.70                            | 0.70                            |                           |  |
|   | CORRIENTE NEUTRO                              | 28.04  | 87.64                            | 7.48                            |                           |  |
|   | DESBALANCE PORCENTUAL DE CORRIENTES (%)       | 0.00   | 118.07                           | 0.00                            |                           |  |
|   | DESBALANCE PORCENTUAL DE VOLTAJES (%)         | 0.86   | 0.87                             | 1.01                            |                           |  |

### 7.1.7. Edificio Madeyra:

| EMPRESA ELÉCTRICA QUITO S. A.<br>DEPARTAMENTO DE CONTROL DE CALIDAD DE PRODUCTO Y PÉRDIDAS TÉCNICAS<br>SECCIÓN MEDICIÓN |  |  |  |  |   |  |
|---|--|--|--|--|---|--|
| CALIDAD DE PRODUCTO<br>Código: DI-CP-P001-F003  |  | ACP-2017-OCT- 62   | REFERENCIA: <input type="text"/>   |  |   |  |
| 1.-   | ÁREA QUE SOLICITA<br>PERSONA QUE SOLICITA<br>FECHA DE RECEPCIÓN DEL PEDIDO<br>FECHA DE DESPACHO DEL PEDIDO   | DEPARTAMENTO DE CONTROL DE CALIDAD DE PRODUCTO Y PÉRDIDAS TÉCNICAS<br>ING. SANTIAGO PEÑAFIEL<br>10/10/2017<br>17/10/2017                       |  |  |   |  |
| 2.-   | NOMBRE DEL CLIENTE:<br>DIRECCIÓN:<br>SECTOR Y ZONA:<br>PUNTO GIS:  | ARCONEL<br>BOUNSGALF Y GONZALEZ SUAREZ<br>URBANO, NORTE, ELOY ALFARO<br>780632.7913 9978841 2822   |  |  |   |  |
| 3.-   | DETALLES<br>Transformador N°.<br>Montaje<br>Fases<br>Potencia (kVA)<br>Propiedad<br>Medio voltaje (V)<br>Bajo voltaje (V)<br>Subestación<br>Primario<br>Sitio de la Instalación: | 169040<br>CENTRO DE TRANSF. ABRED<br>3<br>60<br>EMPRESA<br>6300<br>220/127<br>24 (E.E. Quito / S/E 24 Carolina)<br>DQTA-24A ((24A) ALIMENTADO) | Suministro<br>Fases<br>Equipo Instalado<br>Numero de Serie<br>Fecha de Instalación<br>Fecha de Retiro<br>Días de Lectura<br>Intervalo de registro<br>Número de registros | 0<br>3<br>FLUKE 1744<br>20823<br>10/10/2017<br>17/10/2017<br>7<br>0:10 min<br>1008 | Bornes de Baja Tensión del Transformador 169040 de 60 kVA |  |
| 4.-   | ANÁLISIS DE DEMANDAS   | VALOR  | UNIDAD   | ENERGÍAS   | VALOR UNIDAD  |  |
|   | FACTOR DE USO A DEMANDA MÍNIMA   | 6.53   | %  | POTENCIA DISPONIBLE  | 46.55 kVA   |  |
|   | FACTOR DE USO A DEMANDA MEDIA  | 11.17  | %  | FACTOR DE CARGA  | 49.30 %   |  |
|   | FACTOR DE USO A DEMANDA MÁXIMA   | 22.4   | %  | ENERGÍA EN EL PUNTO DE MEDICIÓN  | 2154.81 kWh   |  |
| 5.-   | DESCRIPCIÓN PARÁMETRO ANALIZADO  | PROM   | MAX  | MIN  | CUMPLE REG CONELEC 004/01                                 | OBSERVACIONES  |
|   | DEMANDA KW:  | 6.42   | 13.02  | 3.82   |   |  |
|   | DEMANDA KVA  | 6.71   | 13.45  | 3.92   |   |  |
|   | FACTOR DE POTENCIA TOTAL:  | -0.96  | 0.97   | -0.98  |   |  |
|   | FACTOR DE POTENCIA FASE 1  | 0.99   | 1.00   | -1.00  |   | EL 85.91% DE REGISTROS ESTAN FUERA DE LOS LÍMITES PERMITIDOS |
|   | FACTOR DE POTENCIA FASE 2  | 0.95   | 1.00   | -1.00  |   | EL 17.26% DE REGISTROS ESTAN FUERA DE LOS LÍMITES PERMITIDOS |
|   | FACTOR DE POTENCIA FASE 3  | 0.87   | 1.00   | -1.00  |   | EL 51.79% DE REGISTROS ESTAN FUERA DE LOS LÍMITES PERMITIDOS |
|   | VOLTAJE FASE 1   | 129.41   | 131.98   | 126.53   | SI  | EL 0.00% DE REGISTROS ESTAN FUERA DE LOS LÍMITES PERMITIDOS  |
|   | VOLTAJE FASE 2   | 128.53   | 130.93   | 125.70   | SI  | EL 0.00% DE REGISTROS ESTAN FUERA DE LOS LÍMITES PERMITIDOS  |
|   | VOLTAJE FASE 3   | 128.49   | 130.98   | 125.78   | SI  | EL 0.00% DE REGISTROS ESTAN FUERA DE LOS LÍMITES PERMITIDOS  |
|   | FLICKER CORTA DURACIÓN FASE 1  | 0.36   | 1.26   | 0.00   | SI  | EL 0.10% DE REGISTROS ESTAN FUERA DE LOS LÍMITES PERMITIDOS  |
|   | FLICKER CORTA DURACIÓN FASE 2  | 0.37   | 0.80   | 0.00   | SI  | EL 0.00% DE REGISTROS ESTAN FUERA DE LOS LÍMITES PERMITIDOS  |
|   | FLICKER CORTA DURACIÓN FASE 3  | 0.34   | 0.74   | 0.00   | SI  | EL 0.00% DE REGISTROS ESTAN FUERA DE LOS LÍMITES PERMITIDOS  |
|   | DISTORSIÓN ARMÓNICOS VOLTAJE (THD) FASE 1 (%)  | 2.23   | 3.45   | 1.33   | SI  | EL 0.00% DE REGISTROS ESTAN FUERA DE LOS LÍMITES PERMITIDOS  |
|   | DISTORSIÓN ARMÓNICOS VOLTAJE (THD) FASE 2 (%)  | 2.24   | 3.18   | 1.36   | SI  | EL 0.00% DE REGISTROS ESTAN FUERA DE LOS LÍMITES PERMITIDOS  |
|   | DISTORSIÓN ARMÓNICOS VOLTAJE (THD) FASE 3 (%)  | 2.39   | 3.71   | 1.48   | SI  | EL 0.00% DE REGISTROS ESTAN FUERA DE LOS LÍMITES PERMITIDOS  |
|   | CORRIENTE FASE 1   | 17.22  | 45.40  | 9.90   |   |  |
|   | CORRIENTE FASE 2   | 21.11  | 48.50  | 11.50  |   |  |
|   | CORRIENTE FASE 3   | 14.45  | 36.60  | 6.20   |   |  |
|   | CORRIENTE NEUTRO   | 10.42  | 22.98  | 5.28   |   |  |
|   | DESBALANCE PORCENTUAL DE CORRIENTES (%)  | 0.00   | 55.28  | 0.00   |   |  |
|   | DESBALANCE PORCENTUAL DE VOLTAJES (%)  | 0.67   | 0.84   | 0.99   |   |  |

### 7.1.8. Edificio Mabec Coruña:

| EMPRESA ELÉCTRICA QUITO S. A.<br>DEPARTAMENTO DE CONTROL DE CALIDAD DE PRODUCTO Y PÉRDIDAS TÉCNICAS<br>SECCIÓN MEDICIÓN |  |  |                                  |                                 |                           |  |
|---|--|--|----------------------------------|---------------------------------|---------------------------|--|
| CALIDAD DE PRODUCTO<br>Código: DI-CP-P001-F003  |  | ACP-2017-OCT- 61   | REFERENCIA: <input type="text"/> |                                 |                           |  |
| 1.-   | ÁREA QUE SOLICITA                              | DEPARTAMENTO DE CONTROL DE CALIDAD DE PRODUCTO Y PÉRDIDAS TÉCNICAS |                                  |                                 |                           |  |
|   | PERSONA QUE SOLICITA                           | ING. SANTIAGO PEÑAFIEL   |                                  |                                 |                           |  |
|   | FECHA DE RECEPCIÓN DEL PEDIDO                  | 10/10/2017   |                                  |                                 |                           |  |
|   | FECHA DE DESPACHO DEL PEDIDO                   | 17/10/2017   |                                  |                                 |                           |  |
| 2.-   | NOMBRE DEL CLIENTE:                            | ARCONEL  |                                  |                                 |                           |  |
|   | DIRECCIÓN:                                     | AÑARRANTE Y CORUÑA   |                                  |                                 |                           |  |
|   | SECTOR Y ZONA:                                 | URBANO, NORTE, CORUÑA  |                                  |                                 |                           |  |
|   | PUNTO GIS:                                     | 780657.5109 9978623 2822   |                                  |                                 |                           |  |
| 3.-   | DETALLES                                       |  |                                  |                                 |                           |  |
|   | Transformador N°.                              | 171007   | Suministro                       | 0                               |                           |  |
|   | Montaje  | CENTRO DE TRANSF. ABREO  | Fases                            | 3                               |                           |  |
|   | Fases  | 3  | Equipo Instalado                 | FLUKE 1744                      |                           |  |
|   | Potencia (kVA)                                 | 100  | Numero de Serie                  | 20711                           |                           |  |
|   | Propiedad                                      | EMPRESA  | Fecha de Instalación             | 10/10/2017                      |                           |  |
|   | Medio voltaje (V)                              | 6300   | Fecha de Retiro                  | 17/10/2017                      |                           |  |
|   | Bajo voltaje (V)                               | 220/127  | Días de Lectura                  | 7                               |                           |  |
|   | Subestación                                    | 24 (E.E. Quito / S/E 24 Carolina)                                  | Intervalo de registro            | 0:10                            | min                       |  |
|   | Primario                                       | DQTA-24A ((24A) ALIMENTADO)  | Número de registros              | 1008                            |                           |  |
|   | Sitio de la Instalación:                       | Bornes de Baja Tensión del Transformador 171007 de 100 kVA         |                                  |                                 |                           |  |
| 4.-   | ANÁLISIS DE DEMANDAS                           | VALOR  | UNIDAD                           | ENERGÍAS                        | VALOR UNIDAD              |  |
|   | FACTOR DE USO A DEMANDA MÍNIMA                 | 2.69   | %                                | POTENCIA DISPONIBLE             | 53.56 kVA                 |  |
|   | FACTOR DE USO A DEMANDA MEDIA                  | 9.39   | %                                | FACTOR DE CARGA                 | 20.64 %                   |  |
|   | FACTOR DE USO A DEMANDA MÁXIMA                 | 46.4   | %                                | ENERGÍA EN EL PUNTO DE MEDICIÓN | 2903.54 kWh               |  |
| 5.-   | DESCRIPCIÓN PARÁMETRO ANALIZADO                | PROM   | MAX                              | MIN                             | CUMPLE REG CONELEC 004/01 | OBSERVACIONES  |
|   | DEMANDA KW:                                    | 8.65   | 41.89                            | 2.55                            |                           |  |
|   | DEMANDA KVA                                    | 9.37   | 46.44                            | 2.69                            |                           |  |
|   | FACTOR DE POTENCIA TOTAL:                      | -0.92  | 0.90                             | -0.95                           |                           |  |
|   | FACTOR DE POTENCIA FASE 1                      | 0.98   | 1.00                             | -1.00                           | SI                        | EL 43.00% DE REGISTROS ESTAN FUERA DE LOS LÍMITES PERMITIDOS |
|   | FACTOR DE POTENCIA FASE 2                      | 0.99   | 1.00                             | -1.00                           | SI                        | EL 83.60% DE REGISTROS ESTAN FUERA DE LOS LÍMITES PERMITIDOS |
|   | FACTOR DE POTENCIA FASE 3                      | 0.89   | 1.00                             | -1.00                           | SI                        | EL 83.60% DE REGISTROS ESTAN FUERA DE LOS LÍMITES PERMITIDOS |
|   | VOLTAJE FASE 1                                 | 128.60   | 131.10                           | 125.65                          | SI                        | EL 0.00% DE REGISTROS ESTAN FUERA DE LOS LÍMITES PERMITIDOS  |
|   | VOLTAJE FASE 2                                 | 129.55   | 132.24                           | 125.89                          | SI                        | EL 0.00% DE REGISTROS ESTAN FUERA DE LOS LÍMITES PERMITIDOS  |
|   | VOLTAJE FASE 3                                 | 128.64   | 131.08                           | 125.87                          | SI                        | EL 0.00% DE REGISTROS ESTAN FUERA DE LOS LÍMITES PERMITIDOS  |
|   | FLICKER CORTA DURACIÓN FASE 1                  | 0.42   | 0.81                             | 0.00                            | SI                        | EL 0.00% DE REGISTROS ESTAN FUERA DE LOS LÍMITES PERMITIDOS  |
|   | FLICKER CORTA DURACIÓN FASE 2                  | 0.42   | 1.28                             | 0.00                            | SI                        | EL 0.10% DE REGISTROS ESTAN FUERA DE LOS LÍMITES PERMITIDOS  |
|   | FLICKER CORTA DURACIÓN FASE 3                  | 0.40   | 0.79                             | 0.00                            | SI                        | EL 0.00% DE REGISTROS ESTAN FUERA DE LOS LÍMITES PERMITIDOS  |
|   | DISTORSIÓN ARMÓNICOS VOLTAJE (THD) FASE 1 (%): | 2.32   | 3.28                             | 1.41                            | SI                        | EL 0.00% DE REGISTROS ESTAN FUERA DE LOS LÍMITES PERMITIDOS  |
|   | DISTORSIÓN ARMÓNICOS VOLTAJE (THD) FASE 2 (%): | 2.40   | 3.55                             | 1.56                            | SI                        | EL 0.00% DE REGISTROS ESTAN FUERA DE LOS LÍMITES PERMITIDOS  |
|   | DISTORSIÓN ARMÓNICOS VOLTAJE (THD) FASE 3 (%): | 2.47   | 3.77                             | 1.55                            | SI                        | EL 0.00% DE REGISTROS ESTAN FUERA DE LOS LÍMITES PERMITIDOS  |
|   | CORRIENTE FASE 1                               | 27.19  | 97.90                            | 10.30                           |                           |  |
|   | CORRIENTE FASE 2                               | 30.91  | 184.90                           | 10.00                           |                           |  |
|   | CORRIENTE FASE 3                               | 18.68  | 189.20                           | 0.00                            |                           |  |
|   | CORRIENTE NEUTRO                               | 12.31  | 27.42                            | 5.15                            |                           |  |
|   | DESBALANCE PORCENTUAL DE CORRIENTES (%)        | 0.00   | 128.00                           | 0.00                            |                           |  |
|   | DESBALANCE PORCENTUAL DE VOLTAJES (%)          | 0.68   | 0.98                             | 0.82                            |                           |  |

### 7.1.9. Edificio Metro:

| EMPRESA ELÉCTRICA QUITO S. A.<br>DEPARTAMENTO DE CONTROL DE CALIDAD DE PRODUCTO Y PÉRDIDAS TÉCNICAS<br>SECCIÓN MEDICIÓN |  |  |                                  |                                 |                           |  |
|---|--|--|----------------------------------|---------------------------------|---------------------------|--|
| CALIDAD DE PRODUCTO<br>Código: DI-CP-P001-F003  |  | ACP-2017-SEP-20  | REFERENCIA: <input type="text"/> |                                 |                           |  |
| 1.-   | ÁREA QUE SOLICITA                              | DEPARTAMENTO DE CONTROL DE CALIDAD DE PRODUCTO Y PÉRDIDAS TÉCNICAS |                                  |                                 |                           |  |
|   | PERSONA QUE SOLICITA                           | ING. SANTIAGO PEÑAFIEL   |                                  |                                 |                           |  |
|   | FECHA DE RECEPCIÓN DEL PEDIDO                  | 12/09/2017   |                                  |                                 |                           |  |
|   | FECHA DE DESPACHO DEL PEDIDO                   | 19/09/2017   |                                  |                                 |                           |  |
| 2.-   | NOMBRE DEL CLIENTE:                            | ARCONEL  |                                  |                                 |                           |  |
|   | DIRECCIÓN:                                     | LA RAZÓN Y EL MERCURIO, INAQUITO                                   |                                  |                                 |                           |  |
|   | SECTOR Y ZONA:                                 | URBANO, NORTE, INAQUITO  |                                  |                                 |                           |  |
|   | PUNTO GIS:                                     | 780635.8267 9980596 2822   |                                  |                                 |                           |  |
| 3.-   | DETALLES                                       |  |                                  |                                 |                           |  |
|   | Transformador N°.                              | 47745  | Suministro                       | 0                               |                           |  |
|   | Montaje  | CENTRO DE TRANSF. ABRED  | Fases                            | 3                               |                           |  |
|   | Fases  | 3  | Equipo Instalado                 | FLUKE 1744                      |                           |  |
|   | Potencia (kVA)                                 | 125  | Numero de Serie                  | 21473                           |                           |  |
|   | Propiedad                                      | EMPRESA  | Fecha de Instalación             | 12/09/2017                      |                           |  |
|   | Medio voltaje (V)                              | 8300   | Fecha de Retiro                  | 19/09/2017                      |                           |  |
|   | Bajo voltaje (V)                               | 220/127  | Días de Lectura                  | 7                               |                           |  |
|   | Subestación                                    | 16 (E.E. Quito / S/E 16 Río Coca)                                  | Intervalo de registro            | 0:10                            | min                       |  |
|   | Primario                                       | DQTA-16H ((16H) ALIMENTADO)  | Numero de registros              | 1008                            |                           |  |
|   | Sitio de la Instalación:                       | Bornes de Baja Tensión del Transformador 47745 de 125 kVA          |                                  |                                 |                           |  |
| 4.-   | ANÁLISIS DE DEMANDAS                           | VALOR  | UNIDAD                           | ENERGÍAS                        | VALOR UNIDAD              |  |
|   | FACTOR DE USO A DEMANDA MÍNIMA                 | 18.13  | %                                | POTENCIA DISPONIBLE             | 76.23 kVA                 |  |
|   | FACTOR DE USO A DEMANDA MEDIA                  | 25.78  | %                                | FACTOR DE CARGA                 | 63.05 %                   |  |
|   | FACTOR DE USO A DEMANDA MÁXIMA                 | 39.0   | %                                | ENERGÍA EN EL PUNTO DE MEDICIÓN | 5047.57 kWh               |  |
| 5.-   | DESCRIPCIÓN PARÁMETRO ANALIZADO                | PROM   | MAX                              | MIN                             | CUMPLE REG CONELEC 004/01 | OBSERVACIONES  |
|   | DEMANDA KW                                     | 30.05  | 47.65                            | 17.72                           |                           |  |
|   | DEMANDA KVA                                    | 32.24  | 48.77                            | 20.18                           |                           |  |
|   | FACTOR DE POTENCIA TOTAL                       | 0.93   | 0.98                             | 0.88                            |                           |  |
|   | FACTOR DE POTENCIA FASE 1                      | 0.94   | 0.99                             | 0.85                            |                           | EL 7.84% DE REGISTROS ESTAN FUERA DE LOS LÍMITES PERMITIDOS  |
|   | FACTOR DE POTENCIA FASE 2                      | 0.97   | 0.99                             | 0.77                            |                           | EL 69.94% DE REGISTROS ESTAN FUERA DE LOS LÍMITES PERMITIDOS |
|   | FACTOR DE POTENCIA FASE 3                      | 0.95   | 0.99                             | 0.83                            |                           | EL 8.53% DE REGISTROS ESTAN FUERA DE LOS LÍMITES PERMITIDOS  |
|   | VOLTAJE FASE 1                                 | 122.39   | 126.75                           | 118.02                          | SI                        | EL 0.00% DE REGISTROS ESTAN FUERA DE LOS LÍMITES PERMITIDOS  |
|   | VOLTAJE FASE 2                                 | 123.61   | 127.79                           | 119.00                          | SI                        | EL 0.00% DE REGISTROS ESTAN FUERA DE LOS LÍMITES PERMITIDOS  |
|   | VOLTAJE FASE 3                                 | 122.28   | 126.59                           | 117.71                          | SI                        | EL 0.00% DE REGISTROS ESTAN FUERA DE LOS LÍMITES PERMITIDOS  |
|   | FLICKER CORTA DURACIÓN FASE 1                  | 0.32   | 1.02                             | 0.00                            | SI                        | EL 0.20% DE REGISTROS ESTAN FUERA DE LOS LÍMITES PERMITIDOS  |
|   | FLICKER CORTA DURACIÓN FASE 2                  | 0.34   | 1.23                             | 0.00                            | SI                        | EL 0.10% DE REGISTROS ESTAN FUERA DE LOS LÍMITES PERMITIDOS  |
|   | FLICKER CORTA DURACIÓN FASE 3                  | 0.34   | 1.17                             | 0.00                            | SI                        | EL 0.10% DE REGISTROS ESTAN FUERA DE LOS LÍMITES PERMITIDOS  |
|   | DISTORSIÓN ARMÓNICOS VOLTAJE (THD) FASE 1 (%): | 2.20   | 2.88                             | 1.65                            | SI                        | EL 0.00% DE REGISTROS ESTAN FUERA DE LOS LÍMITES PERMITIDOS  |
|   | DISTORSIÓN ARMÓNICOS VOLTAJE (THD) FASE 2 (%): | 1.97   | 2.70                             | 1.41                            | SI                        | EL 0.00% DE REGISTROS ESTAN FUERA DE LOS LÍMITES PERMITIDOS  |
|   | DISTORSIÓN ARMÓNICOS VOLTAJE (THD) FASE 3 (%): | 2.22   | 3.00                             | 1.66                            | SI                        | EL 0.00% DE REGISTROS ESTAN FUERA DE LOS LÍMITES PERMITIDOS  |
|   | CORRIENTE FASE 1                               | 103.68   | 181.30                           | 59.10                           |                           |  |
|   | CORRIENTE FASE 2                               | 80.43  | 135.20                           | 47.80                           |                           |  |
|   | CORRIENTE FASE 3                               | 79.99  | 140.80                           | 41.10                           |                           |  |
|   | CORRIENTE NEUTRO                               | 43.16  | 82.22                            | 20.63                           |                           |  |
|   | DESBALANCE PORCENTUAL DE CORRIENTES (%)        | 0.00   | 57.06                            | 0.00                            |                           |  |
|   | DESBALANCE PORCENTUAL DE VOLTAJES (%)          | 1.08   | 1.32                             | 0.90                            |                           |  |

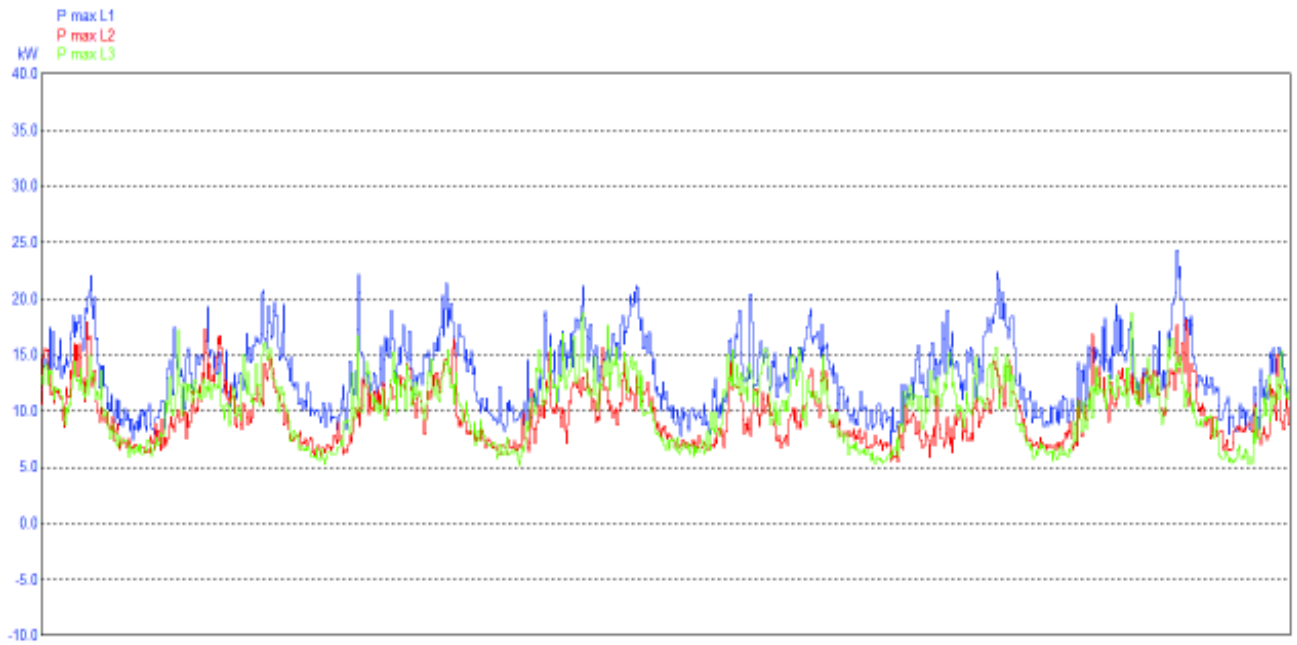
### 7.1.10. Edificio Córdova Plaza:

| EMPRESA ELÉCTRICA QUITO S. A.<br>DEPARTAMENTO DE CONTROL DE CALIDAD DE PRODUCTO Y PÉRDIDAS TÉCNICAS<br>SECCIÓN MEDICIÓN |  |  |                                  |                                 |                           |   |
|---|--|--|----------------------------------|---------------------------------|---------------------------|---|
| CALIDAD DE PRODUCTO<br>Código: DI-CP-P001-F003  |  | ACP-2017-SEP-16  | REFERENCIA: <input type="text"/> |                                 |                           |   |
| 1.-   | ÁREA QUE SOLICITA                            | DEPARTAMENTO DE CONTROL DE CALIDAD DE PRODUCTO Y PÉRDIDAS TÉCNICAS |                                  |                                 |                           |   |
|   | PERSONA QUE SOLICITA                         | ING. SANTIAGO PEÑAFIEL   |                                  |                                 |                           |   |
|   | FECHA DE RECEPCIÓN DEL PEDIDO                | 08/09/2017   |                                  |                                 |                           |   |
|   | FECHA DE DESPACHO DEL PEDIDO                 | 13/09/2017   |                                  |                                 |                           |   |
| 2.-   | NOMBRE DEL CLIENTE:                          | ARCONEL  |                                  |                                 |                           |   |
|   | DIRECCIÓN:                                   | EL BATAN Y 6 DE DICIEMBRE  |                                  |                                 |                           |   |
|   | SECTOR Y ZONA:                               | URBANO, NORTE, EL BATAN  |                                  |                                 |                           |   |
|   | PUNTO GIS:                                   | 778916.9549 9979249 2822   |                                  |                                 |                           |   |
| 3.-   | DETALLES                                     |  |                                  |                                 |                           |   |
|   | Transformador N°.                            | 15623  | Suministro                       |                                 | 0                         |   |
|   | Montaje                                      | CENTRO DE TRANSF. ABIERTO  | Fases                            |                                 | 3                         |   |
|   | Fases  | 3  | Equipo Instalado                 |                                 | FLUKE 1744                |   |
|   | Potencia (kVA)                               | 75   | Numero de Serie                  |                                 | 20679                     |   |
|   | Propiedad                                    | EMPRESA  | Fecha de Instalación             |                                 | 08/09/2017                |   |
|   | Medio voltaje (V)                            | 6300   | Fecha de Retiro                  |                                 | 13/09/2017                |   |
|   | Bajo voltaje (V)                             | 210/121  | Días de Lectura                  |                                 | 7                         |   |
|   | Subestación                                  | 11 (E.E. Quito / S/E 11 Belsario Q                                 | Intervalo de registro            |                                 | 0:10 min                  |   |
|   | Primario                                     | DGTA-11C ((11C) ALIMENTADO   | Número de registros              |                                 | 1008                      |   |
|   | Sitio de la Instalación:                     | Bornes de Baja Tensión del Transformador 15623 de 75 kVA           |                                  |                                 |                           |   |
| 4.-   | ANÁLISIS DE DEMANDAS                         | VALOR  | UNIDAD                           | ENERGÍAS                        | VALOR UNIDAD              |   |
|   | FACTOR DE USO A DEMANDA MÍNIMA               | 6.68   | %                                | POTENCIA DISPONIBLE             | 50.81 kVA                 |   |
|   | FACTOR DE USO A DEMANDA MEDIA                | 16.09  | %                                | FACTOR DE CARGA                 | 49.76 %                   |   |
|   | FACTOR DE USO A DEMANDA MÁXIMA               | 32.2   | %                                | ENERGÍA EN EL PUNTO DE MEDICIÓN | 4009.40 kWh               |   |
| 5.-   | DESCRIPCIÓN PARÁMETRO ANALIZADO              | PROM   | MAX                              | MIN                             | CUMPLE REG CONELEC 004/01 | OBSERVACIONES   |
|   | DEMANDA KW:                                  | 11.94  | 23.99                            | 4.74                            |                           |   |
|   | DEMANDA KVA                                  | 12.07  | 24.19                            | 5.00                            |                           |   |
|   | FACTOR DE POTENCIA TOTAL:                    | 0.99   | -0.99                            | 0.95                            |                           |   |
|   | FACTOR DE POTENCIA FASE 1                    | 0.93   | 1.00                             | -0.99                           | SI                        | 84.13% DE REGISTROS ESTAN FUERA DE LOS LÍMITES PERMITIDOS |
|   | FACTOR DE POTENCIA FASE 2                    | 0.98   | 1.00                             | -1.00                           | SI                        | 13.99% DE REGISTROS ESTAN FUERA DE LOS LÍMITES PERMITIDOS |
|   | FACTOR DE POTENCIA FASE 3                    | 0.99   | 1.00                             | -1.00                           | SI                        | 52.48% DE REGISTROS ESTAN FUERA DE LOS LÍMITES PERMITIDOS |
|   | VOLTAJE FASE 1                               | 125.44   | 128.09                           | 122.89                          | SI                        | 0.00% DE REGISTROS ESTAN FUERA DE LOS LÍMITES PERMITIDOS  |
|   | VOLTAJE FASE 2                               | 126.71   | 129.52                           | 123.22                          | SI                        | 0.00% DE REGISTROS ESTAN FUERA DE LOS LÍMITES PERMITIDOS  |
|   | VOLTAJE FASE 3                               | 125.48   | 128.36                           | 122.84                          | SI                        | 0.00% DE REGISTROS ESTAN FUERA DE LOS LÍMITES PERMITIDOS  |
|   | FLICKER CORTA DURACIÓN FASE 1                | 0.57   | 1.44                             | 0.12                            | SI                        | 0.79% DE REGISTROS ESTAN FUERA DE LOS LÍMITES PERMITIDOS  |
|   | FLICKER CORTA DURACIÓN FASE 2                | 0.58   | 1.08                             | 0.00                            | SI                        | 0.79% DE REGISTROS ESTAN FUERA DE LOS LÍMITES PERMITIDOS  |
|   | FLICKER CORTA DURACIÓN FASE 3                | 0.57   | 1.29                             | 0.00                            | SI                        | 0.89% DE REGISTROS ESTAN FUERA DE LOS LÍMITES PERMITIDOS  |
|   | DISTORSIÓN ARMÓNICA VOLTAJE (THD) FASE 1 (%) | 2.68   | 3.92                             | 1.65                            | SI                        | 0.00% DE REGISTROS ESTAN FUERA DE LOS LÍMITES PERMITIDOS  |
|   | DISTORSIÓN ARMÓNICA VOLTAJE (THD) FASE 2 (%) | 2.53   | 3.69                             | 1.45                            | SI                        | 0.00% DE REGISTROS ESTAN FUERA DE LOS LÍMITES PERMITIDOS  |
|   | DISTORSIÓN ARMÓNICA VOLTAJE (THD) FASE 3 (%) | 2.45   | 3.58                             | 1.38                            | SI                        | 0.00% DE REGISTROS ESTAN FUERA DE LOS LÍMITES PERMITIDOS  |
|   | CORRIENTE FASE 1                             | 31.34  | 70.20                            | 8.20                            |                           |   |
|   | CORRIENTE FASE 2                             | 30.28  | 76.00                            | 10.90                           |                           |   |
|   | CORRIENTE FASE 3                             | 38.51  | 78.80                            | 13.60                           |                           |   |
|   | CORRIENTE NEUTRO                             | 15.68  | 30.66                            | 6.55                            |                           |   |
|   | DESBALANCE PORCENTUAL DE CORRIENTES (%)      | 0.00   | 33.78                            | 0.00                            |                           |   |
|   | DESBALANCE PORCENTUAL DE VOLTAJES (%)        | 0.82   | 1.59                             | 1.07                            |                           |   |

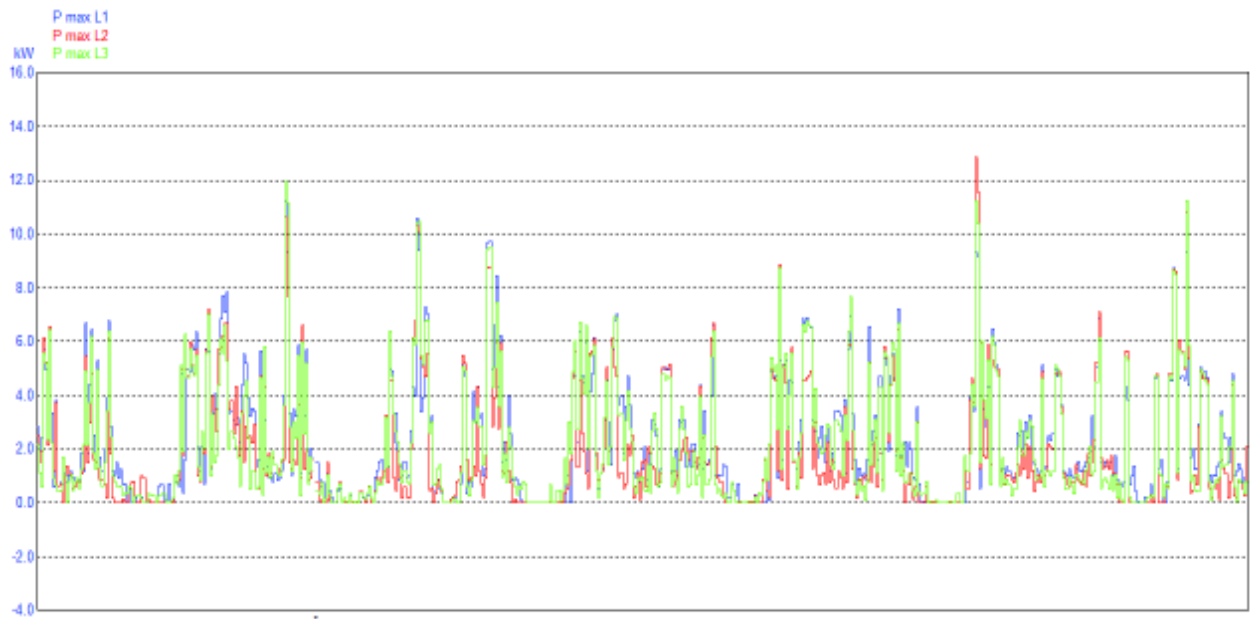


## 7.2. Curvas de Carga Diaria de los Edificios

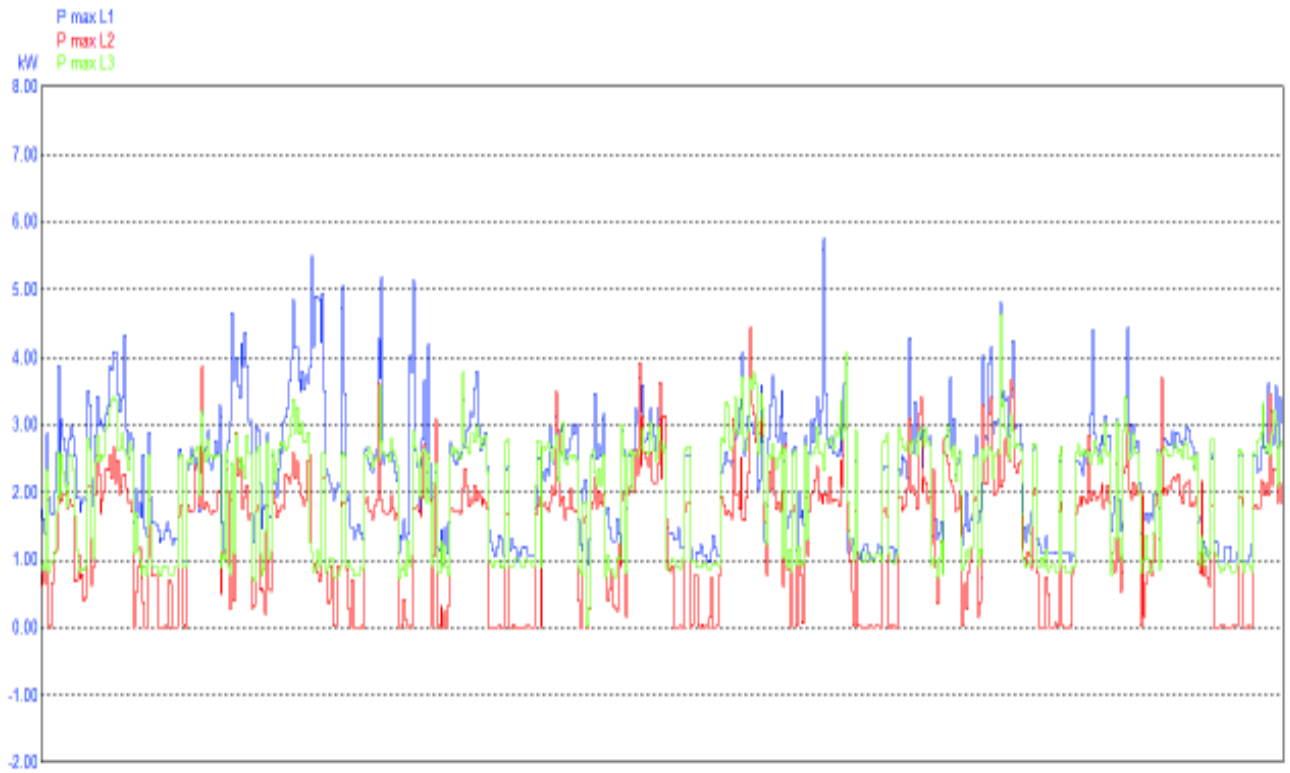
### 7.2.1. Edificio Montpellier:



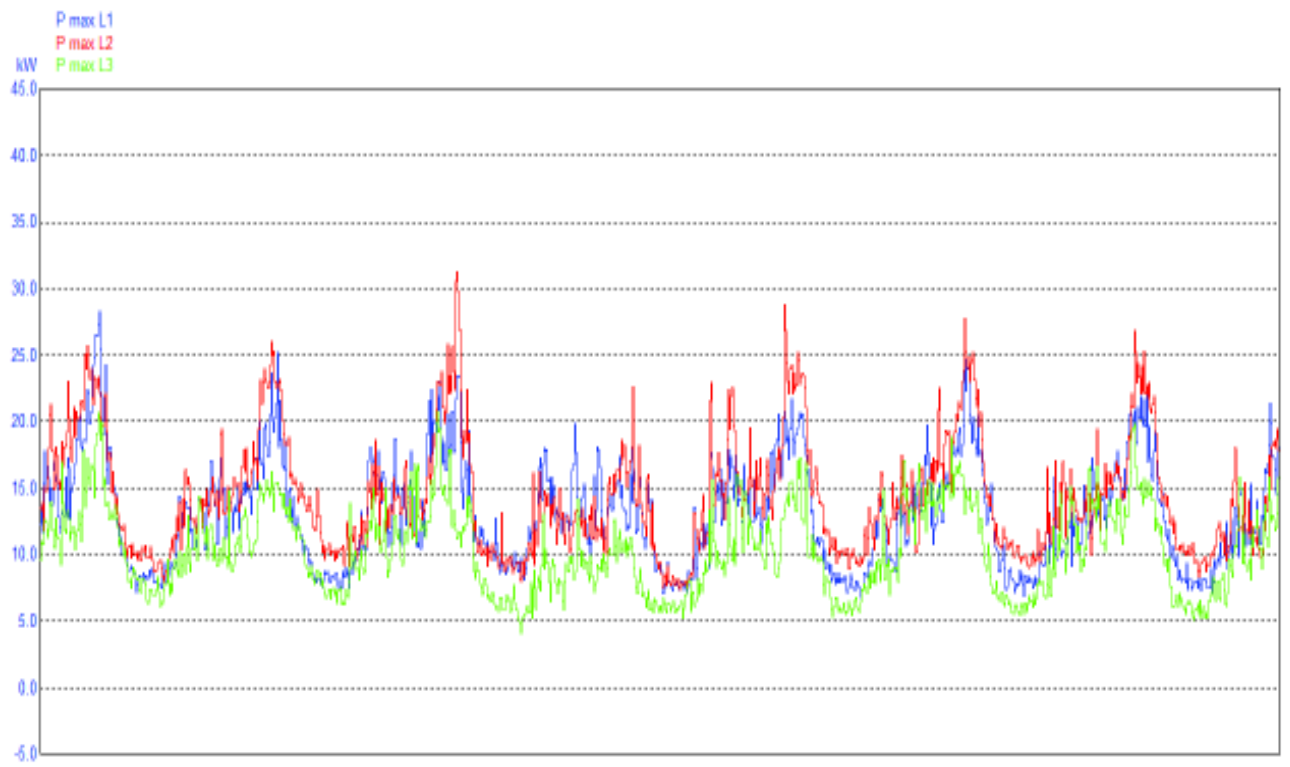
### 7.2.2. Edificio Terrazas del Tenis:



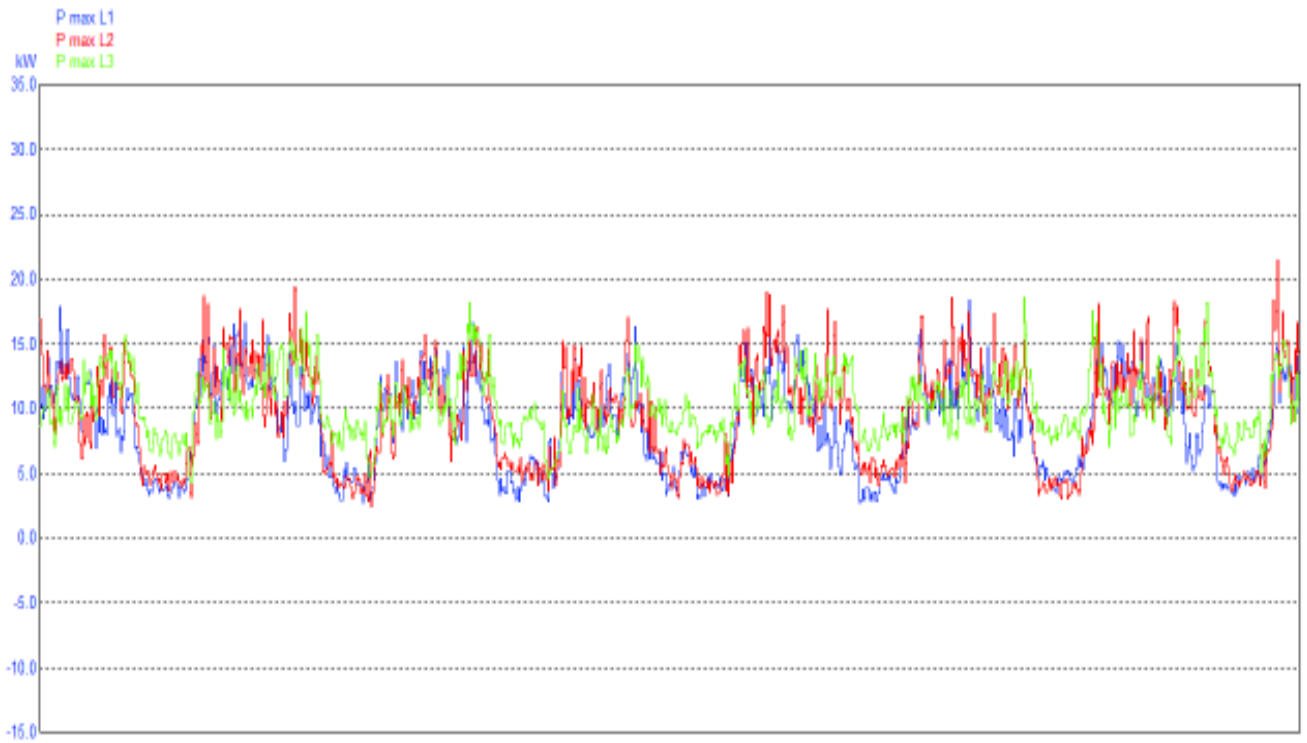
### 7.2.3. Edificio Baru:



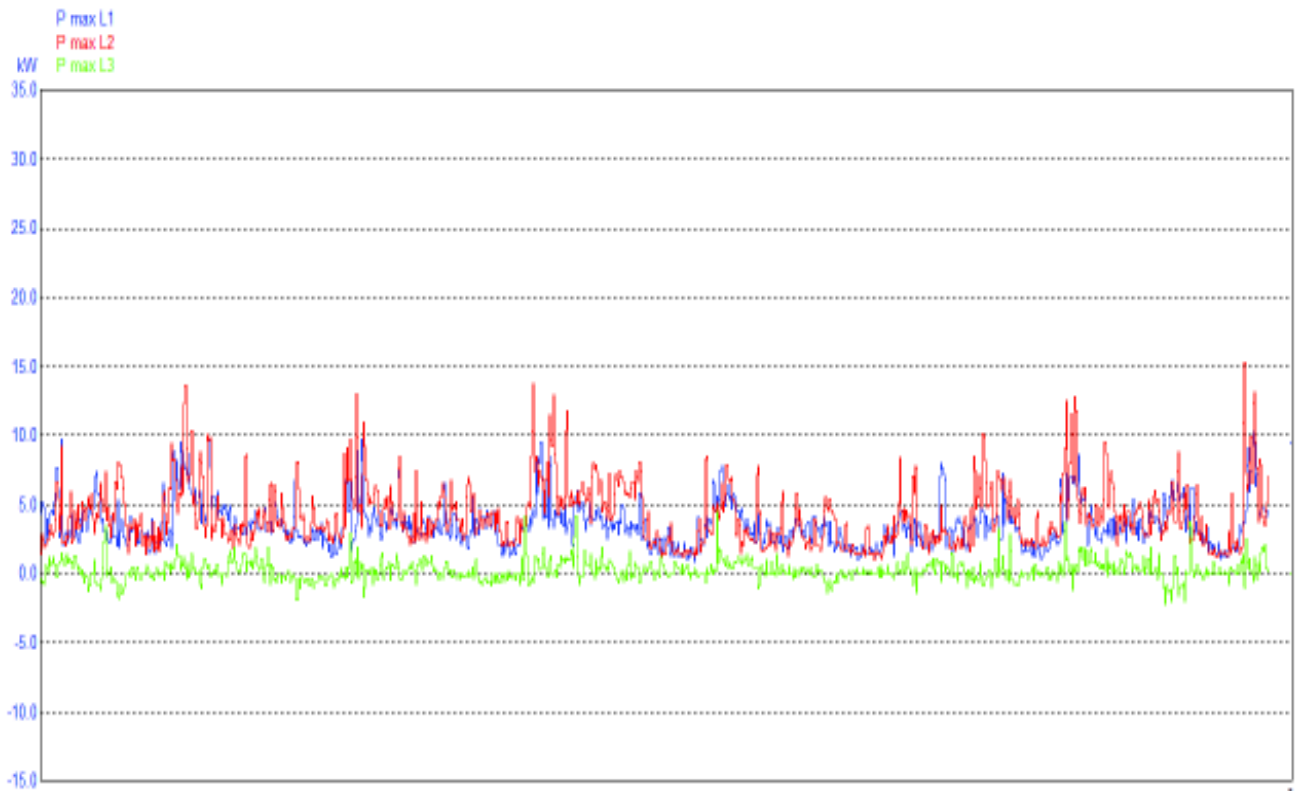
### 7.2.4. Edificio Azai:



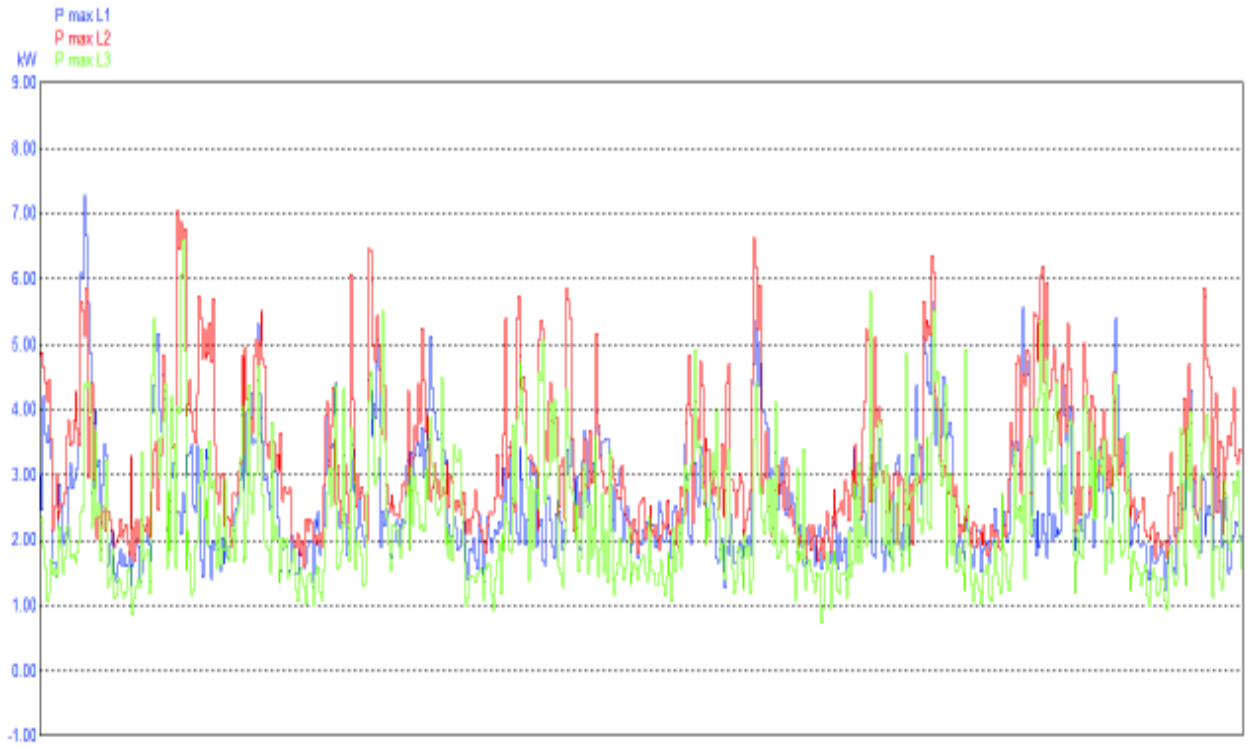
### 7.2.5. Edificio Aura:



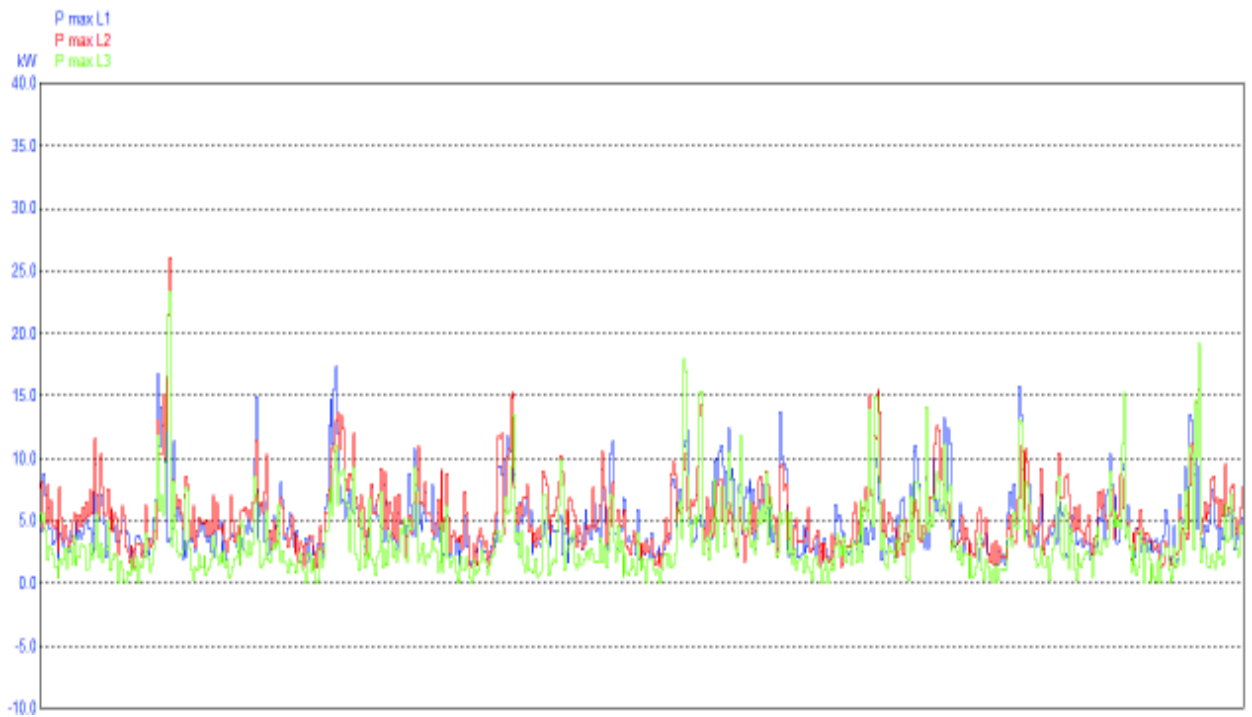
### 7.2.6. Edificio Tamayo 6266:



### 7.2.7. Edificio Madeyra:

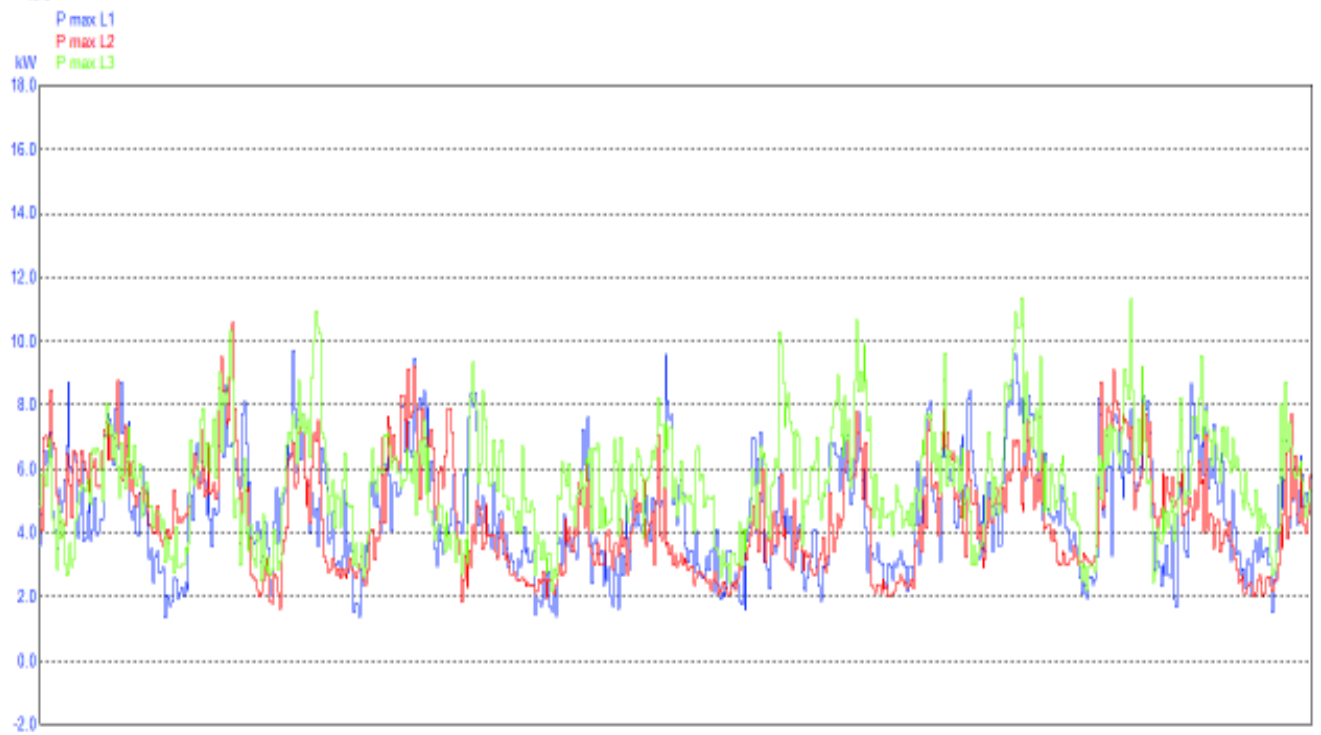
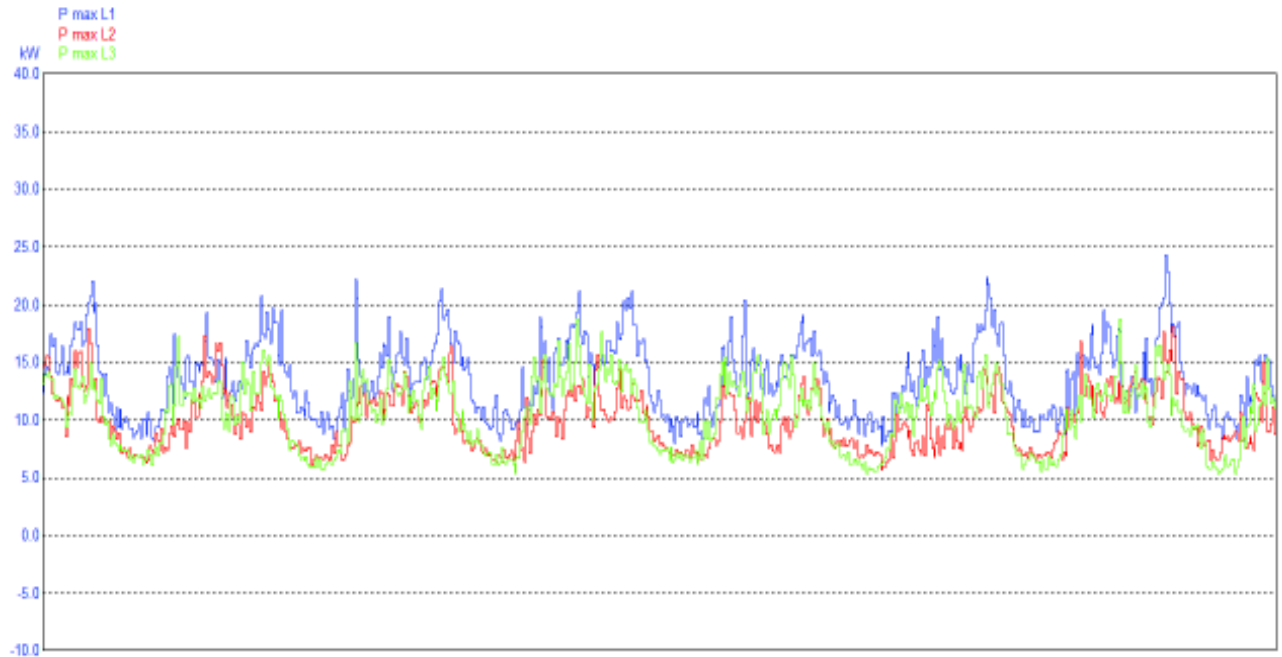


### 7.2.8. Edificio Mabec Coruña:



7.2.9. Edificio Metro:

7.2.10. Edificio Córdoba Plaza:





**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**  
"CAMPUS POLITÉCNICO JOSÉ RUBÉN ORELLANA RICAURTE"

**FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**

### **ORDEN DE EMPASTADO**

*De acuerdo con lo estipulado en el Art. 27 del Instructivo para la Implementación de la Unidad de Titulación en las Carreras y Programas Vigentes de la Escuela Politécnica Nacional, aprobado por Consejo Politécnico en sesión extraordinaria del 29 de abril de 2015 y por delegación del Decano, una vez verificado el cumplimiento de formato de presentación establecido, se autoriza la impresión y encuadernación final del Trabajo de Titulación presentado por:*

**FREDDY ALBERTO SANTANDER ARAGÓN**

*Fecha de autorización: 11 de julio de 2018*

  
M.Sc. YADIRA BRAVO  
Subdecano

Paola P