

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO**

CARRERA: INGENIERÍA ELÉCTRICA

Tesis previa a la obtención del título de: INGENIERO ELÉCTRICO

**TEMA:
EFECTO DEL VOLTAJE EN EL DESEMPEÑO DE LAS COCINAS DE
INDUCCIÓN.**

**AUTOR:
EDWIN ORLANDO VELA PILAQUINGA**

**DIRECTOR:
VÍCTOR HUGO OREJUELA LUNA**

Quito, febrero del 2015

DECLARATORIA DE AUTORÍA:

Yo, Edwin Orlando Vela Pilaquinga autorizo a la Universidad Politécnica Salesiana la publicación total o parcial de este trabajo de grado y su reproducción sin fines de lucro.

Además declaro que los conceptos y análisis desarrollados y las conclusiones del presente trabajo son de exclusiva responsabilidad del autor.

Quito, 28 de Febrero del 2015

Edwin Orlando Vela Pilaquinga
CC: 171473168-2

AUTOR

CERTIFICA:

Haber dirigido y revisado cada uno de los capítulos técnicos de la presente tesis así como haber evaluado los resultados de las pruebas experimentales desarrolladas con el fin de investigar “Efecto del voltaje en el desempeño de las cocinas de inducción.” realizadas por el Sr. Edwin Orlando Vela Pilaquinga, previa a la obtención del título de Ingeniero Eléctrico en la Carrera de Ingeniería Eléctrica.

Por cumplir los requisitos autoriza su presentación.

Quito, 26 de Febrero del 2015

Ing. Víctor Hugo Orejuela Luna
DIRECTOR

DEDICATORIA.

Edwin Orlando Vela Pilaquina

Este proyecto es dedicado con mucho
cariño para toda mi familia, en especial a
mis padres quienes me han ayudado cada día
para salir adelante, a mí esposa e hijos
por su apoyo, paciencia, sin su comprensión
no lo hubiese logrado

AGRADECIMIENTO.

Edwin Orlando Vela Pilaquina

Agradezco a la Universidad Politécnica Salesiana.

A sus docentes por brindarme amistad y
compartir sus experiencias y conocimientos, en especial
a mi Director Ing. Víctor Orejuela por ayudarme
con este proyecto.

INDICE GENERAL

INDICE GENERAL.....	i
INDICE DE FIGURAS	ix
INDICE DE TABLAS.....	xi
INDICE DE ANEXOS.....	xii
GLOSARIO DE TÉRMINOS	xiii
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPITULO 1	2
1 EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LA COCCIÓN POR INDUCCIÓN.....	2
1.1 Generalidades del Funcionamiento de la Cocina de Inducción.....	2
1.1.1 Ley de Ampere.	3
1.1.2 Ley de Inducción de Faraday.....	5
1.1.3 Efecto Joule.	6
1.1.4 Corrientes de Foucault.....	6
1.1.5 Efecto Pelicular o Efecto Piel.....	7
1.1.6 Temperatura Curie.	9
1.1.7 Funcionamiento de la Cocina de Inducción.	9
1.2 Características Técnicas y Desempeño de las Cocinas de Inducción.....	12
1.2.1 Características técnicas de la cocina de inducción.....	12
1.2.2 Cocinas que utilizan Gas Licuado de Petróleo (GLP).	13
1.2.3 Cocinas Eléctricas.	14
1.2.4 Cocinas por Inducción (CPI).....	14
1.2.5 Conclusión de la eficiencia por cocinas.....	15
1.3 Plan de Cocción Eficiente.	16
1.3.1 Distribución de las Cocinas.....	17
1.4 Beneficios Estimados.	18
1.4.1 Beneficios para el Estado.	18
1.4.2 Beneficios para el Usuario.....	19

CAPITULO 2	22
2 LAS VARIACIONES DEL VOLTAJE Y SUS EFECTOS EN LOS ELECTRODOMESTICOS RESIDENCIALES.	22
2.1 El porqué de las variaciones del voltaje.	22
2.1.1 Variaciones Internas.....	22
2.1.2 Variaciones Externas.	23
2.1.3 Variación de tensión.....	23
2.1.4 Sobretensión temporal a frecuencia industrial (Swell).....	23
2.1.5 Sobre voltaje.	24
2.1.6 Interrupciones de energía.	24
2.2 Normativa Relacionada con las Variaciones del Voltaje.	26
2.3 Los efectos del voltaje en el desempeño de los electrodomésticos residenciales.	27
2.3.1 Efecto en Lámparas de Iluminación.	27
2.3.2 Efectos en Equipos de Calefacción.....	29
2.3.3 Efecto en Motores Eléctricos.	30
2.3.4 Efecto de la variación de voltaje en Equipos Electrónicos.....	31
CAPÍTULO 3	33
3 PRUEBAS, MEDICIONES Y REGISTRO DE LOS RESULTADOS.	33
3.1 Plan de pruebas y equipos necesarios.....	33
3.1.1 Plan de pruebas.....	33
3.1.2 Equipos necesarios.....	33
3.1.3 Equipos de medición.....	36
3.2 Formato para registro de resultados.	40
3.3 Desarrollo de las pruebas.....	42
3.4 Registro de variables de entrada y resultados de salida.	43
CAPÍTULO 4	46
4 ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	46

4.1	Procesamiento y depuración de resultados.....	46
4.2	Análisis de resultados.....	51
4.2.1	Análisis de los resultados obtenidos en las casas.....	56
4.3	Identificación de los efectos de las variaciones del voltaje en el desempeño de las cocinas de inducción.....	66
4.4	Comparación de los efectos de la variación del voltaje en las cocina de inducción con respecto a los efectos en electrodomésticos resistivos e inductivos.....	70
	CONCLUSIONES.....	73
	RECOMENDACIONES.....	74
	REFERENCIAS.....	75

INDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1.1 Funcionamiento de la cocina de inducción [3]</i>	3
<i>Figura 1.2 Ley de Ampere [4]</i>	4
<i>Figura 1.3 Ley de Faraday [7]</i>	5
<i>Figura 1.4 Efecto de las corrientes de Foucault [1]</i>	7
<i>Figura 1.5 Efecto pelicular en un conductor [9]</i>	7
<i>Figura 1.6 Curva de la profundidad de penetración en función de la frecuencia para diversos materiales.[11]</i>	9
<i>Figura 1.7 Principio de funcionamiento de un transformador [2]</i>	10
<i>Figura 1.8 Funcionamiento de una cocina de inducción y sus etapas. [13]</i>	11
<i>Figura 1.9 Bobina de inducción</i>	12
<i>Figura 1.10 Comparación entre electricidad y GLP [18]</i>	14
<i>Figura 1.11 Funcionamiento de la cocina de inducción [19]</i>	15
<i>Figura 1.12 Registro en el PEC [22]</i>	18
<i>Figura 1.13 Beneficios estimados [19]</i>	20
<i>Figura 2.1 Sobretension temporal a frecuencia industrial [25]</i>	24
<i>Figura 2.2 Sobrevoltaje [25]</i>	24
<i>Figura 2.3 Interrupción de Energía[27]</i>	26
<i>Figura 2.4 Efectos de la variación de voltaje en las lámparas incandescentes.[24]</i>	28
<i>Figura 2.5 Efectos de la variación de voltaje en lámparas fluorescentes.</i>	29
<i>Figura 2.6 Efectos de la variación de voltaje en equipos eléctricos de calefacción.[24]</i>	30
<i>Figura 2.7 Efectos de la variación de voltaje de motores de inducción.[24]</i>	31
<i>Figura 2.8 Efecto de la variación de voltaje en equipos electrónicos[24]</i>	32
<i>Figura 3.1 Variac (variador de voltaje AC) [Autor]</i>	34
<i>Figura 3.2 Cocina (3500 a 4500) vatios para mediciones en los laboratorios de la Universidad Politécnica Salesiana [15]</i>	35
<i>Figura 3.3 Cocina de (6500 a 7200) vatios Para mediciones fuera de la U.P.S. [15]</i>	35
<i>Figura 3.4 Ollas de Inducción</i>	36
<i>Figura 3.5 analizador Fluke 435 [30]</i>	37
<i>Figura 3.6 Multímetro Truper modelo 202 [31]</i>	38
<i>Figura 3.7 Multímetro Amprobe 35XP-A [32]</i>	39
<i>Figura 3.8 Cronómetro [Fuente propia del Autor]</i>	39
<i>Figura 3.9 Rangos de nivel para un inductor de 1100 vatios [fuente propia de autor]</i>	44
<i>Figura 3.10 Niveles de potencia para 1400 vatios [Fuente propia del autor]</i>	45
<i>Figura 3.11 Niveles de potencia de 1850 vatios [Fuente propia de autor]</i>	45
<i>Figura 4.1 Valores de corriente según la variación del voltaje. [Fuente propia del autor]</i>	54
<i>Figura 4.2 Variación de voltaje 1100 W de potencia [fuente propia del autor]</i>	55

Figura 4.3 Variación de corriente para 1100 vatios	55
Figura 4.4 Nivel de potencia constante	56
Figura 4.5 Variación de voltaje	57
Figura 4.6 Variacion de corrirnte	57
Figura 4.7Potencia constante	58
Figura 4.8 Variación del voltaje en la casa centro	59
Figura 4.9 Variación de la corriente.	59
Figura 4.10 Potencia constante.	60
Figura 4.11 Varaición del voltaje casa Sur	60
Figura 4.12 Variación de corriente en la casa sur.	61
Figura 4.13 Potencia constante en el momento de trabajo de la cocina.	61
Figura 4.14 Diferencia de voltaje en la red [fuente propia de autor]	62
Figura 4.15 Consumo de corriente por sector [fuente propia del autor]	62
Figura 4.16 Representación de la potencia consumida [fuente propia del autor]	63
Figura 4.17 Variacion de la corriente de consumo [fuente propia del autor]	65
Figura 4.18 Variación del voltaje. [Fuente propia del autor].....	69
Figura 4.19 Comportamiento de la	69
Figura 4.20 Diferencia de potencias.[Fuente propia del autor]	72

INDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1.1 Profundidades de Penetración [10]</i>	8
<i>Tabla 1.2 Eficiencia por cocina [19]</i>	16
<i>Tabla 3.1 Características técnicas [30]</i>	37
<i>Tabla 3.2 Rangos de medición de la termocupla [31]</i>	38
<i>Tabla 3.3 Formato de tabla de pruebas [Fuente propia del Autor]</i>	40
<i>Tabla 3.4 Tabla de referencia de mediciones diferentes pruebas [Fuente propia del Autor]</i>	43
<i>Tabla 3.5 Tabla de Variables de entrada y salida [Fuente propia del Autor]</i>	43
<i>Tabla 4.1 Tabla de valores medidos a través del Analizador Fluke [Fuente propia del Autor]</i>	47
<i>Tabla 4.2 Variación de voltaje 214 - 216 vatios inductor 1400 vatios</i>	48
<i>Tabla 4.3 Tabla para un inductor de 1850 vatios.</i>	48
<i>Tabla 4.4 Valores medidos Norte (Calderón)</i>	49
<i>Tabla 4.5 Valores tomados en centro (Kennedy)</i>	50
<i>Tabla 4.6 Valores medidos sector sur (Quitumbe)</i>	51
<i>Tabla 4.7 Tabla representativa de valores constantes.</i>	52
<i>Tabla 4.8 Corrientes por inductor aumentada</i>	53
<i>Tabla 4.9 Potencia Consumida de una cocina [Fuente propia del autor]</i>	63
<i>Tabla 4.10 Valores medidos en trabajo normal de la cocina y variaciones de potencia</i>	66
<i>Tabla 4.11 Cálculo de las potencias</i>	71

INDICE DE ANEXOS

A	Datos de mediciones de la cocina de inducción.....	79
----------	--	----

GLOSARIO DE TÉRMINOS

GLP	Gas Licuado de Petróleo
S.I.	Sistema Internacional
f.e.m.	Fuerza electromotriz
AC	Corriente Alterna
R_L	Resistencia de la Carga
R_{eq}	Resistencia equivalente
DC	Corriente Continua
PEC	Plan de Cocción Eficiente
MEER	Ministerio de Electricidad y Energía Renovable
INER	Instituto de Eficiencia Energética y Energías Renovables
DOE	Department of Energy
CONELEC	Consejo Nacional de Electricidad
HIP	Hora de inicio de prueba.
HEC	Hora de encendido de la cocina
HAC	Hora de apagado de la cocina
HFP	Hora final de prueba
VA	Volumen de agua
V	Voltios
A	Amperios
I	Corriente
P	Potencia
kW	Kilovatios
°C	Grados Centígrados

Efecto del Voltaje en el Desempeño de las Cocinas de Inducción.

Edwin Orlando Vela Pilaquinga

edwin_vela3230@hotmail.com

Universidad Politécnica Salesiana

Resumen— En este trabajo se presenta los resultados de una investigación experimental sobre los efectos que tendrán las variaciones de voltaje en el desempeño de las cocinas de inducción que se comercializarán en el país,

Inicialmente se presenta los conceptos y principios básicos de operación de la cocina de inducción; así como también se muestra en forma sintetizada las características generales del plan de incorporación de las cocinas de inducción en los hogares de la población ecuatoriana, resaltando los elementos más importantes.

La investigación experimental se desarrolló mediante pruebas realizadas en el laboratorio de la Universidad Politécnica Salesiana, durante un período de 15 días, en una muestra de dos cocinas de inducción. Adicionalmente se realizaron pruebas con otra cocina de inducción durante 3 días la misma que fue instalada en 3 diferentes viviendas residenciales de diferentes sectores de la ciudad de Quito.

El presente trabajo de investigación incluye la descripción de los elementos utilizados para las pruebas y para la adquisición de los datos y sus procedimientos. Las variables de entrada y salida fueron registradas mediante un analizador de calidad de energía.

Los resultados de las pruebas fueron analizados y depurados y se presenta forma gráfica y en tablas comparativas que permiten identificar el desempeño de las cocinas de inducción frente a las variaciones de voltaje.

En el trabajo se incluye la comparación analítica y gráfica de los efectos de la variación de voltaje en la cocina de inducción de la muestra, con aquellos que la literatura técnica presenta para las cocinas eléctricas y para los motores de inducción.

Finalmente se presentan conclusiones y recomendaciones.

Índice de Términos— cocinas de inducción, cocción eficiente, efectos de voltajes, variación tensión.

Effect of Voltage on the Performance of Induction Cookers

Edwin Orlando Vela Pilaquinga
edwin_vela3230@hotmail.com
Universidad Politécnica Salesiana

Abstract- This paper presents the results of an experimental investigation of the effects that voltage variations in the performance of induction cookers to be sold in the country is presented,

Initially the basic concepts and principles of operation of induction cooking is presented; as also shown in synthesized form the general characteristics of plan incorporating induction cookers in the homes of the Ecuadorian population, highlighting the most important elements.

The experimental research was developed through testing in the laboratory of the Salesian Polytechnic University, for a period of 15 days, in a sample of two induction cookers. Additionally, tests the same that was installed in 3 different residential houses in different parts of the city of Quito were performed with other induction cooker for 3 days.

This research work includes the description of the elements used for testing and for the acquisition of data and procedures. The input and output variables were recorded using a power quality analyzer.

The test results were analyzed and refined and graphically presented and comparative tables that identify the performance of induction cookers against voltage variations.

In the work includes analytical and graphical comparison of the effects of voltage variation in induction cooker sample with those technical literature presents for electric cookers and induction motors

Finally conclusions and recommendations.

Index Terms - induction cookers, efficient cooking, effects of voltages, voltage variation

INTRODUCCIÓN.

Desde el año 2015 hasta el 2017 el Estado ecuatoriano prevé introducir el uso de las cocinas de inducción en los hogares, con la finalidad de promover el uso de la electricidad en la cocción de alimentos. Es por que el Ministerio de Electricidad y Energía Renovable (MERR), en coordinación con otros ministerios, empresas y gobierno trabajan en el Programa de eficiencia energética para cocción por inducción y calentamiento de agua con electricidad en sustitución del gas licuado de petróleo (GLP) en el sector residencial PEC, el mismo que es parte del cambio de la matriz energética que promueve el Gobierno Nacional.

En la literatura técnica accesible no se ha encontrado información sobre los efectos de las variaciones del voltaje en las cocinas de inducción.

Por esta razón el presente trabajo de investigación tiene por objetivo establecer, por medio de pruebas en el laboratorio de la Universidad Politécnica Salesiana, los efectos que tendrán las variaciones del voltaje de la red eléctrica en el desempeño de las cocinas de inducción.

El calentamiento por inducción (CPI) parte del fenómeno de circulación de corriente de alta frecuencia por una inductancia encargada de generar un campo magnético.

Si la corriente es variable en el tiempo, el campo magnético generado será variable e inducirá un voltaje sobre un material conductor en el cual se inducirán unas corrientes llamadas corrientes parásitas o de Foucault que se disiparán como calor por efecto Joule. La potencia disipada por efecto Joule depende de la frecuencia y del material. En los sistemas de CPI, este efecto representa su principio de funcionamiento, ya que son las corrientes parásitas las encargadas de generar en el recipiente o la pieza de trabajo, el calor necesario para su calentamiento.

Las cocinas de inducción son consideradas una de las más eficientes tecnologías para cocinar. En los últimos años por los amplios beneficios que presentan las cocinas de inducción como son eficiencia, fácil limpieza, entre otras están siendo ampliamente utilizadas en varios países

CAPITULO 1

1 EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LA COCCIÓN POR INDUCCIÓN.

En el presente capítulo se tratará sobre el funcionamiento de las cocinas de inducción, por lo tanto es necesario conocer cuáles son los parámetros físicos que acompañan al funcionamiento en forma general, sus características técnicas, nivel de voltaje, potencia, eficiencia y el desempeño en comparación con las cocinas que en la actualidad se utiliza en el país que son la eléctrica (resistencia) y las que utilizan gas licuado de petróleo (GLP), se incluye temas referidos a cómo el país afrontará la inclusión de las cocinas en los hogares ecuatorianos, el plan de cocción eficiente y los beneficios que traerá la utilización de las cocinas de inducción, al consumidor y al país en general.

1.1 Generalidades del Funcionamiento de la Cocina de Inducción.

El calentamiento por inducción es un método para obtener calor continuo y rápido tanto para aplicaciones industriales como domésticas. Desde su concepción inicial y en su forma actual, el calentamiento por inducción tiene muchas características de las cuales se puede nombrar algunas como son: suministra calor de forma rápida, consistente, limpia, controlable y eficiente, se puede realizarse en un ambiente controlado y sin presencia de ningún combustible inflamable.[1]

El principio de calentamiento por inducción se asemeja al principio de trabajo de un transformador en donde el generador actúa como una fuente de corriente alterna, la bobina de inducción como devanado principal y el objeto a calentar como devanado secundario, el cual se toma como de una sola espira.[2]

El funcionamiento de la cocina de inducción es:

Como se muestra en la figura (1.1) Una bobina de inducción (1) está localizada debajo de cada zona de calentamiento, cuando esta es energizada produce un campo electromagnético variable el cual generan corrientes inductivas en la base ferromagnética del recipiente de cocción (2) y comienza el proceso de cocción (3). El resultado es un calentamiento del recipiente localizado en la zona del inductor (4).

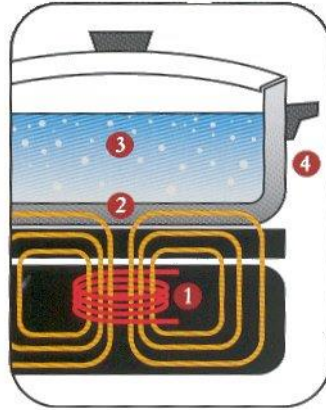


Figura 1.1 Funcionamiento de la cocina de inducción [3]

El calentamiento por inducción se compone de tres factores básicos: inducción electromagnética, el efecto de la piel, y de transferencia de calor

El proceso utiliza las corrientes eléctricas inducidas en el material para producir calor.

Por tanto es necesario conocer las leyes a las que están sometidas para lograr el calentamiento por inducción como son la ley de Ampere, ley de Faraday, efecto joule, corrientes de Foucault y efecto pelicular.[2]

1.1.1 Ley de Ampere.

La circulación de corriente eléctrica por un conductor genera un campo magnético alrededor de dicho conductor. La relación entre el campo magnético generado y la corriente se obtiene a partir de la ecuación de Ampere (1.1) como se muestra en la figura (1.2).[4][5]

$$\oint H \cdot dl = i_{neta} \quad (1.1)$$

De donde:

H : es el campo magnético.

i : es la corriente.

l : longitud.

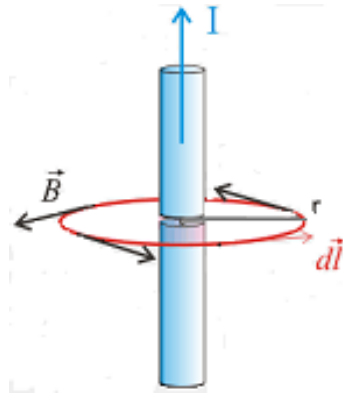


Figura 1.2 Ley de Ampere [4]

Donde B es la intensidad de campo que se mide en amperios-vuelta.

Para el caso de una bobina de N espiras que rodean un núcleo magnético la ecuación de ampere (1.2) queda de la siguiente forma:

$$\oint H \cdot dl = i_{neta} = N \cdot i \quad (1.2)$$

Conocida la intensidad de campo magnético se define la densidad de flujo magnético B.

La cual queda definida así:

$$B = \mu \cdot H \quad (1.3)$$

Donde μ es la permeabilidad magnética del material y se calcula de la ecuación (1.4):

$$\mu = \mu_r \cdot \mu_0 \quad (1.4)$$

Por tanto nos permite calcular los campos magnéticos a partir de las corrientes eléctricas.[5] [6]

1.1.2 Ley de Inducción de Faraday.

Cuando el flujo magnético abarcado por una espira varía, se induce en esta una tensión ε habitualmente llamada fuerza electromotriz (f.e.m.). La fuerza electromotriz inducida en un circuito es proporcional a la rapidez con la que varía el flujo magnético que lo atraviesa.

O en forma matemática representada por la ecuación (1.5).

$$\varepsilon = -N \frac{d\phi}{dt} \quad (1.5)$$

Siendo:

ε : La fuerza electromotriz inducida.

$d\phi$: la variación de flujo magnético.

dt : intervalo de tiempo.

N : número de espiras.

De acuerdo con esta ecuación, la magnitud de f.e.m. inducida coincide con lo que varía el flujo magnético por unidad de tiempo.[4]

La relación entre la f.e.m. inducida (ε) y la variación de flujo magnético (B) como se muestra en la figura (1.3) constituye la Ley de Faraday:

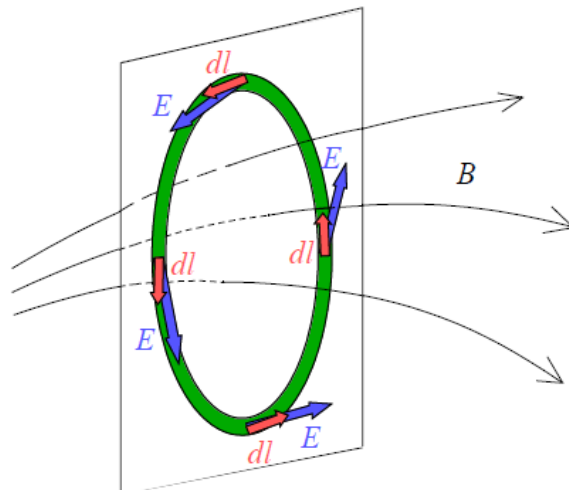


Figura 1.3 Ley de Faraday [7]

1.1.3 Efecto Joule.

El calentamiento de los conductores por el paso de la corriente eléctrica fue uno de los primeros efectos observados por los científicos estudiosos de los fenómenos eléctricos, sin embargo, habría de pasar algún tiempo antes de que se conociera la magnitud de tal efecto calorífico y los factores de los que depende.

La ley de Joule establece que la cantidad de calor producida es directamente proporcional a la resistencia R del conductor, al cuadrado de la intensidad de corriente I que lo atraviesa y al tiempo t. [3]

Es decir la ecuación (1.6) establece la ley de Joule:

$$Q = I^2 \cdot R \cdot t \quad (1.6)$$

Donde:

Q: Energía calorífica producida por la corriente expresada en Joule

I: es la corriente.

R: es la resistencia.

t: el tiempo.

1.1.4 Corrientes de Foucault.

Las corrientes parásitas se producen cuando en un conductor atraviesa un campo magnético variable. El movimiento relativo causa una circulación de electrones, o corriente inducida dentro del conductor. Estas corrientes circulares crean electroimanes con campos magnéticos que se oponen al efecto del campo magnético aplicado. Cuanto más fuerte sea el campo magnético aplicado, o mayor la conductividad del conductor, o mayor la velocidad relativa de movimiento, mayores serán las corrientes parásitas y los campos opositores generados.

Las corrientes de Parásitas, tienen por efecto transformar parte de la energía en calor. [8]

Si se coloca un elemento de material ferromagnético dentro de un campo magnético alterno, como se muestra en la figura (1.4), se “inducen” corrientes eléctricas mayormente concentradas hacia la superficie, denominadas corrientes parásitas o de Foucault.[1]

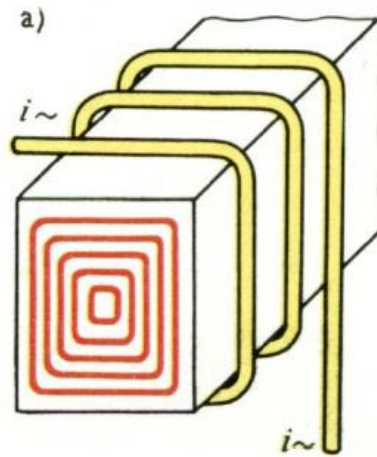


Figura 1.4 Efecto de las corrientes de Foucault [1]

1.1.5 Efecto Pelicular o Efecto Piel.

Cuando por un conductor circula una corriente continua, esta corriente se reparte de forma uniforme por toda la sección S de dicho conductor (Fig. 1.5a).

Sin embargo, cuando la corriente es alterna, esta genera campos magnéticos alternos que, a su vez, inducen f.e.m.s sobre el propio conductor. Esto hace que la corriente ya no se reparta de forma uniforme por toda la sección S , sino que se tienda a concentrar en la parte externa (Fig. 1.5b). Este es el efecto pelicular, también llamado efecto piel, efecto Kelvin o efecto skin.[9]

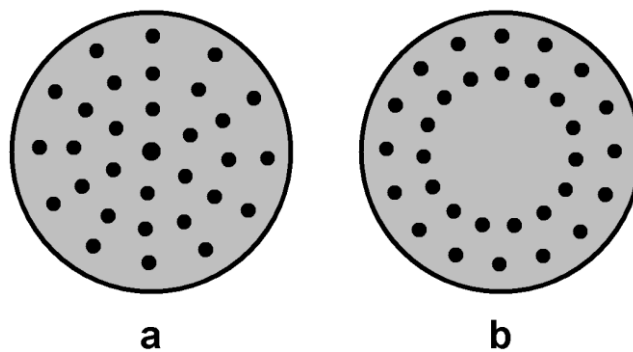


Figura 1.5 Efecto pelicular en un conductor [9]

La profundidad de penetración se puede deducir de las ecuaciones (1.7) de Maxwell. Para una carga cilíndrica con un diámetro que es mucho más grande que δ , la fórmula es la siguiente:

$$\delta = \sqrt{\frac{\rho}{\pi * \mu * f}} [m] \quad (1.7)$$

Dónde:

ρ = resistividad [Ωm]

μ = permeabilidad magnética [H / m] ($\mu = \mu_0(\text{en vacio}) * \mu_r(\text{relativa})$)

f = frecuencia [Hz].

Por un lado, se puede ver que la profundidad de penetración depende de las características del material a calentar (ρ , μ), mientras que, por otro lado, también es influenciado por la frecuencia. Esta dependencia de la frecuencia ofrece la posibilidad de controlar la profundidad de penetración.

La siguiente tabla (1.1) da una idea del orden de magnitud de δ . [10]

Tabla 1.1 Profundidades de Penetración [10]

δ en [m m]	acero [20°C]	acero [20°C]	cobre [20°C]	cobre [900°C]	grafito [20°C]
ρ [$\mu * \Omega * mm$]	0,16	0,16	0,017	0,086	10
μ_r	40	100	1	1	1
Frecuencia					
50Hz	4,5	2,85	9,31	20,87	225,08
100Hz	3,18	2,01	6,58	14,76	159,15
1KHz	1,01	0,64	2,08	4,67	50,33
10KHz	0,32	0,2	0,66	1,48	15,92
100KHz	0,1	0,06	0,21	0,47	5,03
1MHz	0,03	0,02	0,07	0,15	1,59

Para materiales no magnéticos como el cobre o el grafito la permeabilidad magnética relativa μ_r es aproximadamente igual a 1.

Para materiales ferromagnéticos como el acero y varios tipos de hierro tienen un valor de permeabilidad magnética relativa más alto que el de los no magnéticos, por lo que tienen una profundidad de penetración más pequeña.[10]

En la siguiente figura (1.6) se puede observar la evolución de la profundidad de penetración en función de la frecuencia para algunos materiales.

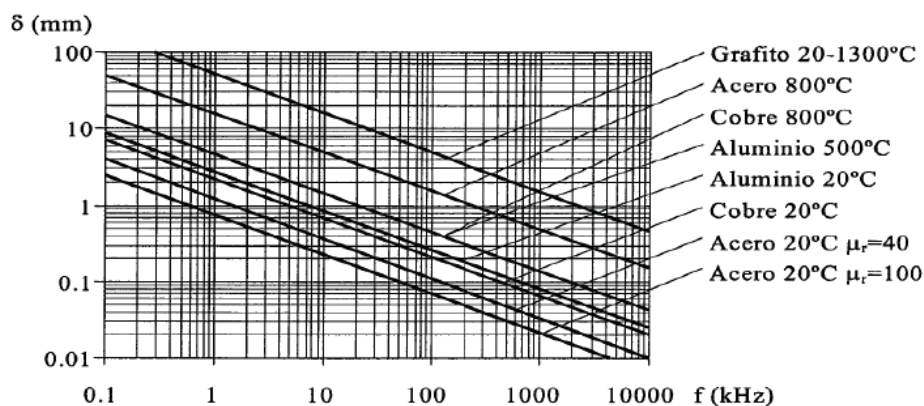


Figura 1.6 Curva de la profundidad de penetración en función de la frecuencia para diversos materiales.[11]

1.1.6 Temperatura Curie.

En ocasiones punto de Curie. Los metales con propiedades magnéticas las pierden al ser calentados. Es la temperatura por encima de la cual un cuerpo ferromagnético pierde su magnetismo, comportándose como un material puramente paramagnético. En el hierro ocurre a 770°, en el níquel a 360°. [12]

1.1.7 Funcionamiento de la Cocina de Inducción.

El calentamiento por inducción electromagnética es un método para suministrar calor en forma rápida, limpia, controlable y eficiente puede tener distintas aplicaciones no solo para

la cocción se usa para la manufactura, sobre piezas o partes metálicas o de otros materiales conductores de la electricidad.

Cuando el calor es transmitido a los materiales vía ondas electromagnéticas, el elemento nunca entra en contacto directo con cualquier llama, la bobina misma no se calienta, y no hay una producción de contaminación.

El campo magnético alterno también produce sucesivas magnetizaciones y desmagnetizaciones en el material sometido al campo, que se traduce en sucesivos ciclos de histéresis, los cuales también producen pérdidas de energía electromagnética que se traducen en calor. Finalmente el calor se difunde al seno del elemento por conducción.[1]

El proceso de transferencia de energía entre el inductor y el material a calentar es similar por su principio al de un transformador (R_L representa la resistencia de la carga), donde el primario está construido por el arrollamiento del inductor y la superficie de la pieza representa un secundario de una sola espira, cerrada con una resistencia, que es la resistencia equivalente (R_{eq}) como se muestra en la figura (1.7).

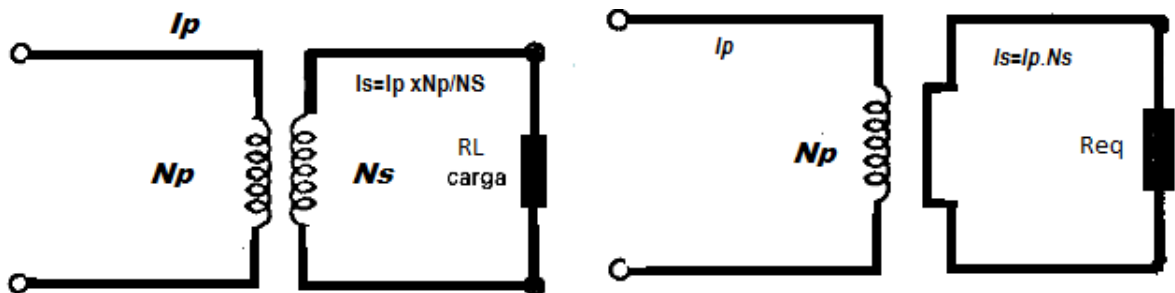


Figura 1.7 Principio de funcionamiento de un transformador [2]

Para conocer del funcionamiento de las cocinas se debe tener en cuenta que al igual de otros equipos está compuesto por etapas como se muestra en la figura (1.7) de las cuales las más conocidas son:

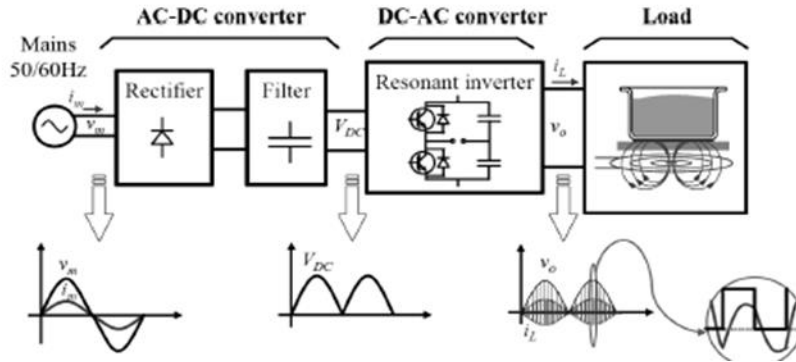


Figura 1.8 Funcionamiento de una cocina de inducción y sus etapas. [13]

Etapas de rectificación: el término rectificación se refiere a convertir una señal de corriente alterna a una señal unidireccional es decir de pasar de energía AC a DC. Para este fin en la actualidad se cuentan con numerosas configuraciones y dispositivos semiconductores, las cuales se diferencian principalmente en la cantidad y exactitud de potencia que se quiera suministrar.

Etapas convertidor: el convertidor usa dispositivos semiconductores de potencia controlados por señales electrónicas (circuitos integrados) y quizás elementos de almacenamientos de energía, como inductores y capacitores se encuentra la etapa de resonancia. Se usará la palabra convertidor como término genérico para referirnos a la etapa de conversión de potencia podrá ser CA a CC y CC a CA. [4]

Bobina: Es la responsable directa de la generación de campos magnéticos en las proximidades del material a calentar, está compuesta por un número n de espiras por la cual circulara la corriente para formar el campo magnético al ser aplicada la carga se producirá inducción, como se muestra en la figura (1.8) las bobinas están aisladas de la carga.[4]

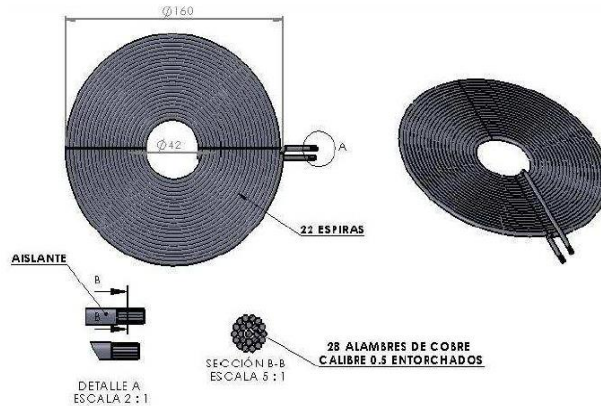


Figura 1.9 Bobina de inducción

Etapas de la carga: En esta etapa se obtiene el calentamiento o cocción realizando la inducción entre la bobina y el material ferromagnético (ollas).

1.2 Características Técnicas y Desempeño de las Cocinas de Inducción.

En el presente numeral plantea sobre las características técnicas de la cocina de inducción, y del desempeño de la misma en comparación con las cocinas que actualmente utiliza en el país como son las cocinas a electricidad que su fuente de calentamiento es una resistencia y las que funcionan con gas licuado de petróleo (GLP).

1.2.1 Características técnicas de la cocina de inducción.

En las cocinas de inducción, el calor se genera directamente en el fondo del recipiente por inducción electromagnética, sin la existencia de foco calorífico como ocurre en una cocina de gas o en una encimera vitrocerámica convencional con resistencia. Con ello se consigue mayor ahorro energético, superior rapidez de calentamiento, mejores beneficios de limpieza y seguridad para el usuario.[14]

Para las dos cocinas de cuatro inductores que se encuentran en el laboratorio de la Universidad Politécnica Salesiana, en las que se realizarán las diferentes mediciones se tomara las siguientes características.

Este artefacto debe ser conectado a una red de entre 170 a 300 AC con una frecuencia de 60 Hz, presenta una potencia entre 3500 (W) y 4000(W).

La cocina adquirida para el presente trabajo es de las mismas características y difiere en la potencia los cuales son entre 6400 (W) y 7200 (W).[15]

1.2.2 Cocinas que utilizan Gas Licuado de Petróleo (GLP).

El gas licuado de petróleo o GLP es un compuesto formado por mezclas de los hidrocarburos Propano y Butano, para que la combustión tenga lugar han de coexistir tres factores; Combustible (GLP), Comburente (Oxígeno) y la Energía de activación (elemento desencadenante de la reacción de combustión).[16]

La eficiencia de un aparato para cocinar se define como la relación de la energía útil transferida a los alimentos y la energía que se consume en el aparato.

El calor que puede obtenerse en una combustión es el correspondiente al poder calorífico al realizar la combustión una parte del calor producido se pierde, asociado a los productos de la combustión.

- **Pérdidas por combustión.** Estas pérdidas se basan por la mezcla de los elementos de combustión como el aire, gas no quemado, vapor, humo.
- **Pérdidas por radiación de calor.** Esta pérdida es por la transferencia de calor a los materiales los cuales pueden disipar calor, estar en mal estado como con capas de carbón (ollas).[17]

La equivalencia entre combustibles comienza con la consideración de los contenidos caloríficos de la electricidad y del gas licuado de petróleo (GLP). Por ejemplo, si la electricidad y el GLP fueran utilizados al 100% de eficiencia, 1 kilogramo de GLP equivale a 13.66 kWh de electricidad.[18]

Con la consideración antes mencionada en la Figura (1.9) se presenta el equivalente de un cilindro de 15 kg de GLP que es el más utilizado en la cocción doméstica.



Figura 1.10 Comparación entre electricidad y GLP [18]

Las cocinas de Gas, tienen una eficiencia térmica del 40% (incertidumbre del $\pm 3.36\%$), pero su eficiencia radica en poder tener una amplia área de transferencia de calor, lo cual consideraría que a mayor transferencia de calor es menor el consumo de energía útil disponible. [18]

1.2.3 Cocinas Eléctricas.

La cocina eléctrica es una sencilla aplicación de la ley de Joule, una resistencia eléctrica que soporte bien la temperatura alta comunica su calor a una placa conductora que lo transfiere a los alimentos que cocinamos. En este caso no nos interesa la energía luminosa, si bien es normal que la resistencia alcance un color rojizo.

Por tanto sus pérdidas se generan en la transmisión de calor hacia el material a calentar puesto que primero calienta el contorno y luego transmite hacia el interior, por ende su eficiencia radica al 74%. [18]

1.2.4 Cocinas por Inducción (CPI).

Funciona por ondas magnéticas como muestra la figura (1.11), que transmiten el calor no a la placa, sino directamente al recipiente. El calor se genera de manera instantánea al

encender el mando del foco que deseamos utilizar, por lo que el tiempo necesario para la cocción es inferior al del resto de aparatos y su consumo menor.

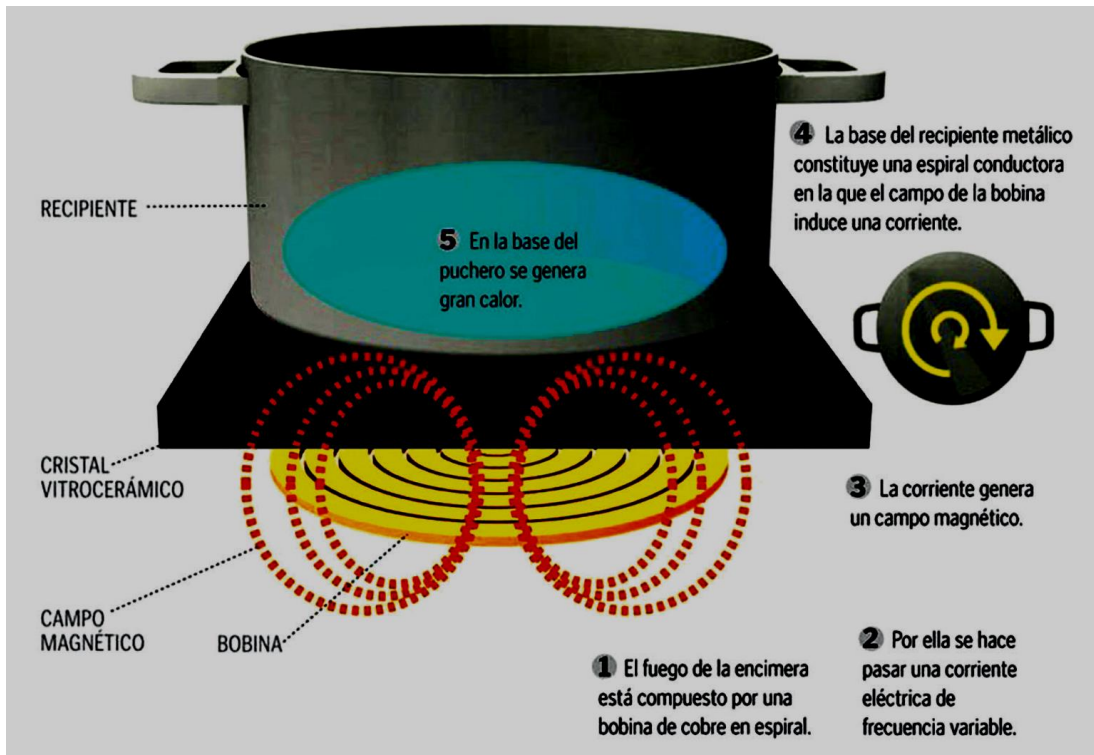



Figura 1.11 Funcionamiento de la cocina de inducción [19]

Estas placas no queman si se tocan cuando están encendidas porque debajo del cristal no hay ninguna resistencia, tan sólo una bobina que crea un campo magnético que atraviesa el cristal. De esta manera se determinó que, la cocina de inducción tiene una eficiencia del 84%. [18] [20]

1.2.5 Conclusión de la eficiencia por cocinas.

Para concluir los factores de eficiencia se proporciona la siguiente tabla (1.2) en los cuales especifican los valores estimados por Estudios realizados por el Departamento de Energía de los EEUU (DOE, acrónimo en Inglés de Department of Energy) determinaron que la eficiencia de diferentes tipos de cocinas.[19]

Tabla 1.2 Eficiencia por cocina [19]

	Cocina a gasGLP	Cocina eléctrica Inducción	Cocina eléctrica Convencional
	40%	84%	74%

1.3 Plan de Cocción Eficiente.

En el sector residencial se consume aproximadamente el 92% del Gas Licuado de Petróleo (GLP) que se utiliza en el Ecuador, pero el país debe importar alrededor del 78% del GLP de la demanda nacional de este combustible. Puesto que el precio de venta al consumidor final ha sido mantenido históricamente bajo, el Estado asume un elevado subsidio que alcanza aproximadamente USD 700 millones por año.

Esta situación genera dependencia nacional de un energético importado y una importante salida de divisas al exterior que afecta la balanza comercial del país.

Para corregir la situación antes indicada, se sustituirá el uso del GLP por electricidad para la cocción de alimentos y el calentamiento de agua en el sector residencial, utilizando energía generada localmente mediante fuentes mayoritariamente limpias y renovables para cambiar la matriz energética nacional.

El Programa Cocción Eficiente busca introducir aproximadamente 3 millones de cocinas eléctricas de inducción en igual número de hogares desde agosto de 2014 hasta julio de 2016. Estas cocinas estarán acompañadas de su respectivo juego de ollas de características adecuadas para la tecnología de inducción (material ferromagnético), conformando kits de inducción.

El Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, a través de las empresas eléctricas, está reforzando las redes eléctricas de distribución (incluyendo acometidas, medidores y circuitos internos a 220V) para que se puedan utilizar las cocinas de inducción en los hogares ecuatorianos. Al momento ya existen en todo el país más de 1'300.000 hogares que ya disponen de acometidas y medidores bifásicos a 220V.

A través de la banca pública, el Estado financiará a los abonados la adquisición de kits de inducción calificados para participar en el Programa, en condiciones favorables de plazo e interés. El monto total de este financiamiento será recuperado en un plazo de hasta 36

meses mediante el cobro a través de la planilla eléctrica. Se trata de un mecanismo sumamente eficiente de recuperación de cartera, puesto que en la actualidad las empresas eléctricas del país recaudan cerca del 99% de las planillas de consumo eléctrico.

El Programa contempla además un fuerte incentivo tarifario para promover la migración del GLP a la electricidad, puesto que hasta el año 2018 los usuarios que usen cocinas eléctricas de inducción no pagarán por los primeros 80 kWh mensuales y quienes además utilicen duchas o calefones eléctricos no pagarán por los siguientes 20 kWh mensuales. A partir de 2018 la tarifa para los primeros 100 kWh/mes será de USD 0,04/kWh. [21].

1.3.1 Distribución de las Cocinas.

El Estado entregará un crédito blando al abonado del sistema eléctrico ecuatoriano que lo solicite, para que pueda adquirir una cocina de inducción. El abonado deberá acercarse a una de las cadenas comerciales de distribución de artefactos electrodomésticos y escoger un modelo de cocina de inducción que esté calificado dentro del Programa Cocción Eficiente. El abonado adicionalmente podrá adquirir con financiamiento un juego de ollas para cocinas de inducción y en el caso que elija una cocina de inducción de 2 zonas, también podrá adquirir con financiamiento una olla arrocera.

Los créditos serán otorgados a los abonados de las empresas eléctricas cuyos hogares cuenten con las condiciones para poder utilizar una cocina de inducción, para lo cual las empresas, directamente o a través de terceros calificados, realizarán la inspección técnica y verificarán que las instalaciones domiciliarias sean las adecuadas. De requerirse, las empresas eléctricas se encargarán de instalar las acometidas de 220V, los medidores bifásicos y el circuito interno hasta la cocina; el costo del circuito interno también podrá ser incluido en el financiamiento para ser pagado mensualmente por el abonado.[14]

Registro en el Programa PEC:

Para el registro de los usuarios en el Programa, es necesario únicamente disponer de una cuenta de servicio eléctrico residencial en cualquiera de las empresas eléctricas distribuidoras del país. El registro se lo realiza a través de la página web: www.ecuadorcambia.com la figura (1.11) muestra el plan de registro que presenta la página web.



Figura 1.12 Registro en el PEC [22]

1.4 Beneficios Estimados.

El beneficio es un concepto positivo pues significa dar o recibir algún bien, o sea aquello que satisface alguna necesidad. El beneficio aporta, adiciona, suma, y de él que se obtiene utilidad o provecho.

Por esta razón Ecuador apuesta al cambio de la utilización de cocinas que trabajan con GLP a las cocinas de inducción.

1.4.1 Beneficios para el Estado.

El Estado representante de la sociedad ejerce una serie de funciones que influyen en la mejoría de la eficiencia. Los órganos de mayor incidencia en el Ecuador son el Ministerio de Electricidad y Energía Renovable (MEER) y el Instituto de Eficiencia Energética y Energías Renovables (INER).

Según informes de los organismos gubernamentales, el 96% de la demanda del Gas Licuado de Petróleo (GLP) se destina al sector doméstico o residencial y el restante 4% se destina para uso industrial y comercial. No obstante, se estima en forma real que el 59% se destina para el sector doméstico, 11% al uso industrial y comercial, 8% al vehicular y el 22% hacia el contrabando por las fronteras.

Los precios de producción e importación del GLP son altamente superiores a los precios de venta interna, por lo que el gas tiene un subsidio muy alto; pues el cilindro de 15 kg se

vende a USD 1.60 mientras que el costo real es alrededor de USD 12.00, lo que equivale a un subsidio del 650% frente a su precio real. En Colombia el cilindro de 15 kg su valor se quintuplica a USD 7.65, y en Perú su valor asciende a USD 15.30.

El estudio de costos realizado por el CONELEC determinó que el costo de la energía eléctrica para el 2012 fue de 8.265 cUSD/kWh y el precio medio de venta de 7.746 cUSD/kWh, lo que significa que el déficit tarifario es de 0.519 cUSD/kWh equivalente a USD 81.63 millones en el año 2012.

De la información presentada se determina que el subsidio del Estado al uso del GLP en el 2012 fue de USD 522.3 millones sumado al subsidio por déficit tarifario (USD 81.63 millones) representa USD 603.9 millones.

En caso de eliminarse el subsidio al GLP, implementarse el presente programa de uso eficiente en el sector urbano, el Estado deberá reconocer adicionalmente, por concepto de déficit tarifario, el valor de USD 109.2 millones, es decirse habrá ahorrado USD 494.7 millones al año.

Por otro lado, como consecuencia del cambio de la matriz eléctrica en donde la generación sea mayoritariamente proveniente de energías renovables, el Estado se ahorraría el valor de USD 906.5 millones al año.[18]

1.4.2 Beneficios para el Usuario.

En la figura (1.12) se indica los beneficios que implicaría utilizar una cocina de inducción, el tener mayor control y seguridad, reducir tiempos de cocción, mayor eficiencia.



Figura 1.13 Beneficios estimados [19]

Por la naturaleza de la ciencia que se encuentra detrás de la forma de calentamiento, la tecnología de cocción o calentamiento por inducción ofrece importantes ventajas y ligeras desventajas con respecto a las tecnologías tradicionales, entre ellas:

Ventajas:

Mayor eficiencia energética: Toda la energía es aprovechada, ya que solo se emite la energía necesaria para calentar el recipiente, no el cristal ni aquellas zonas no cubiertas por el recipiente. Esta mayor eficiencia energética se hace presente por la reducción de las pérdidas de transferencia de calor por radiación al ambiente.

Rapidez de calentamiento: el calentamiento es más rápido y el calor se distribuye de manera más uniforme.

Mayor facilidad de limpieza: la menor temperatura de la superficie de cocción previene la combustión de restos de alimentos, redundando en una limpieza más sencilla.

Detección automática del recipiente: el sistema electrónico de las placas de inducción incorpora la funcionalidad de programar el tiempo que se la quiere tener encendida o detectar automáticamente la existencia o no de un recipiente sobre la superficie de cocción, y en función de esto encenderse o apagarse, evitando consumos energéticos innecesarios; e

inclusive, adaptándose al tamaño del mismo, pues incorpora modernas técnicas de procesamiento de señales para lograr un control eficiente de la potencia.

Contaminación ambiental: al no utilizar combustibles fósiles para el calentamiento, no se ocasiona un impacto severo al medio ambiente.

Desventajas:

Utensilios de cocina: sólo se puede utilizar con utensilios de acero o hierro ferromagnéticos. En consecuencia, el material de cocina tiene que ajustarse a esta realidad. Estos utensilios además deben tener como base, una superficie plana para garantizar su buen funcionamiento.

Costos: son más caras que cualquier otra cocina regular.

Suministro eléctrico: la falla o el inadecuado suministro del servicio eléctrico, puede ocasionar que se detenga el proceso de cocción.[19]

CAPITULO 2

2 LAS VARIACIONES DEL VOLTAJE Y SUS EFECTOS EN LOS ELECTRODOMESTICOS RESIDENCIALES.

La red de alimentación ideal debería comportarse como una fuente de tensión sin impedancia interna, con salida sinusoidal y tensión constante en todos los puntos de suministro, en la práctica la tensión recibida en los puntos de trabajo está distorsionada por diversos motivos.[23]

En el presente capítulo se tratará de las variaciones o perturbaciones de voltaje en la red de distribución domiciliaria, cuáles son los más comunes y cómo afectan a los equipos que lo alimentan, cada país tiene una entidad que controla estos niveles en este caso es el CONELEC el cual propone regulaciones a las cuales las empresas están sometidas para prestar un servicio de calidad.

2.1 El porqué de las variaciones del voltaje.

La causa principal de distorsión de la tensión de la red son las propias cargas, por su propia forma de funcionar durante los arranques y paradas, por la conmutación de corrientes importantes entre diversos circuitos, ocasionando todo ello caídas de tensión en la impedancia del sistema estas causas son internas.

La caída de voltaje en estado estacionario es causada por el flujo de corriente eléctrica a través de la impedancia que puede presentar un transformador, un conductor, un cable, etc.

Otras veces las causas de perturbación son externas, las más comunes son las perturbaciones atmosféricas y las elevaciones del potencial de tierra en condiciones de defecto.[23]

2.1.1 Variaciones Internas.

Se dice que es una variación interna cuando ocurre dentro de la casa o edificio. Las variaciones de voltaje pueden tener muchas causas; la principal es una instalación eléctrica deficiente o insuficiente, esto incluye:

- Cables muy delgados.

- Conexiones mal hechas.
- Contactos eléctricos desgastados o de mala calidad.
- Adición de "contactos múltiples" a unos pocos contactos originales.

Y sistemas desbalanceados esto quiere decir que una línea de fase tiene más consumo que las otras fases, una mal dimensionamiento de las protecciones. [23]

2.1.2 Variaciones Externas.

Algunos tipos de distorsiones de red ocasionan pérdidas innecesarias, con el consiguiente empeoramiento del rendimiento de las instalaciones. Otros tipos de perturbaciones ocasionan problemas denominados de *compatibilidad electromagnética*, esto es, problemas de mal funcionamiento o funcionamiento errático de algunos equipos cuando se alimentan a una red muy perturbada.

Estos problemas, pesar de no ser cuantificables en términos de rendimiento, ocasionan pérdidas importantes de eficiencia en los sistemas de producción por averías o paros intempestivos.[23]

Es habitual que aparezcan diversos tipos de perturbaciones en la red, de los cuales son:

2.1.3 Variación de tensión.

Es la diferencia entre los voltajes máximos y mínimo que existe en un punto del sistema de distribución, para una cierta clase de voltaje, en condiciones de operación estacionarias.

No se incluyen los cambios de voltaje de carácter transitorio; como los debidos a arranque de motores, conexión de soldadura, etc.; los mismos que se les conoce como depresiones de voltaje.[24]

Aumento o disminución de tensión, provocada normalmente por la variación de la carga total de la red de distribución o de una parte de esa red. Suelen medirse en promedio de 10 segundos.

En general, en distribución, se exige mantener la tensión dentro de un 10% durante el 95% del tiempo.[23]

2.1.4 Sobretensión temporal a frecuencia industrial (Swell).

Sobretensión de una duración relativamente larga en un lugar dado. Las sobretensiones temporales son habitualmente debidas a maniobras o defectos (por ejemplo: reducción

súbita de la carga, defectos monofásicos, no linealidades etc.).La figura (2-2) muestra una simulación de una sobretensión temporal. [23]

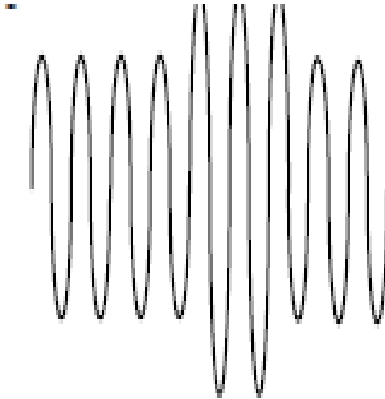


Figura 2.1 Sobretension temporal a frecuencia industrial [25]

2.1.5 Sobre voltaje.

Es una condición de voltaje elevado (arriba del valor nominal) que a diferencia del swell de voltaje, dura mucho más tiempo. Es causado por una pobre regulación de voltaje.La figura (2-3) muestra una simulación de un sobrevoltaje. [23]

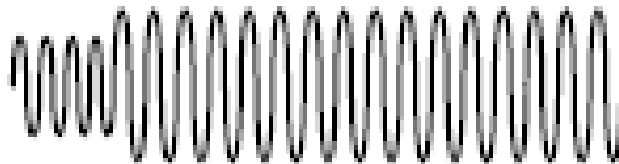


Figura 2.2 Sobrevoltaje [25]

2.1.6 Interrupciones de energía.

Es el corte parcial o total del suministro de electricidad a los Consumidores del área de concesión del Distribuidor en la figura (2-5). [26]

En el registro, las interrupciones se pueden clasificar de acuerdo a los parámetros que se indican a continuación, los que deberán tener un código para efectos de agrupamiento y de cálculos:

- a) Por su duración
 - Breves, las de duración igual o menor a tres minutos.
 - Largas, las de duración mayor a tres minutos.

- b) Por su origen
 - Externas al sistema de distribución.
 - Otro Distribuidor
 - Transmisor
 - Generador
 - Restricción de carga
 - Baja frecuencia
 - Otras
 - Internas al sistema de distribución.
 - Programadas
 - No Programadas

- c) Por su causa
 - Programadas.
 - Mantenimiento
 - Ampliaciones
 - Maniobras
 - Otras
 - No programadas (intempestivas, aleatorias o forzadas).
 - Climáticas
 - Ambientales
 - Terceros
 - Red de alto voltaje (AV)
 - Red de medio voltaje (MV)
 - Red de bajo voltaje (BV)
 - Otras

- d) Por el voltaje nominal
 - Bajo voltaje
 - Medio voltaje
 - Alto voltaje [26]

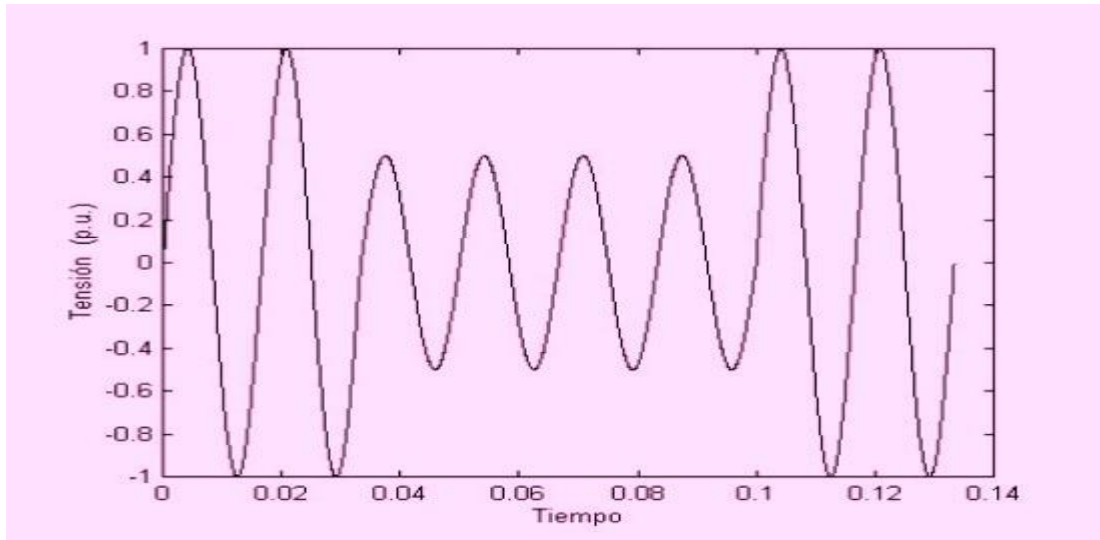


Figura 2.3 Interrupción de Energía. [27]

2.2 Normativa Relacionada con las Variaciones del Voltaje.

La normativa relacionada a la variación de voltaje para nuestro país Ecuador nos la presenta el CONELEC y es la siguiente:

Calidad de servicio:

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

Donde:

ΔV_k : variación de voltaje, en el punto de medición, en el intervalo k de 10 minutos.

V_k : voltaje eficaz (rms) medido en cada intervalo de medición k de 10 minutos.

V_n : voltaje nominal en el punto de medición.

La calidad de voltaje se determina como las variaciones de los valores eficaces (rms) medidos cada 10 minutos, con relación al voltaje nominal en los diferentes niveles.

El Distribuidor deberá realizar mensualmente lo siguiente:

1. Un registro de voltaje en cada uno de los siguientes puntos de medición:
 - a) 20% de las barras de salida de subestaciones de distribución AV/MV, no menos de 3.
 - b) 0,15% de los transformadores de distribución, no menos de 5.
 - c) 0,01 % de los Consumidores de Bajo Voltaje del área de concesión, no menos de 10.

2. Para la selección de los puntos se considerarán los niveles de voltaje, el tipo de zona (urbana, rural), y la topología de la red, a fin de que las mediciones sean representativas de todo el sistema. Una vez realizada la selección de los puntos, la Empresa Distribuidora debe notificar al CONELEC, por lo menos 2 meses antes de efectuar las mediciones.

3. Simultáneamente con el registro del voltaje se deberá medir la energía entregada a efectos de conocer la que resulta suministrada en malas condiciones de calidad.

4. Para cada mes, el registro en cada punto de medición se efectuará durante un período no inferior a 7 días continuos, en intervalos de medición de 10 minutos.[26]

2.3 Los efectos del voltaje en el desempeño de los electrodomésticos residenciales.

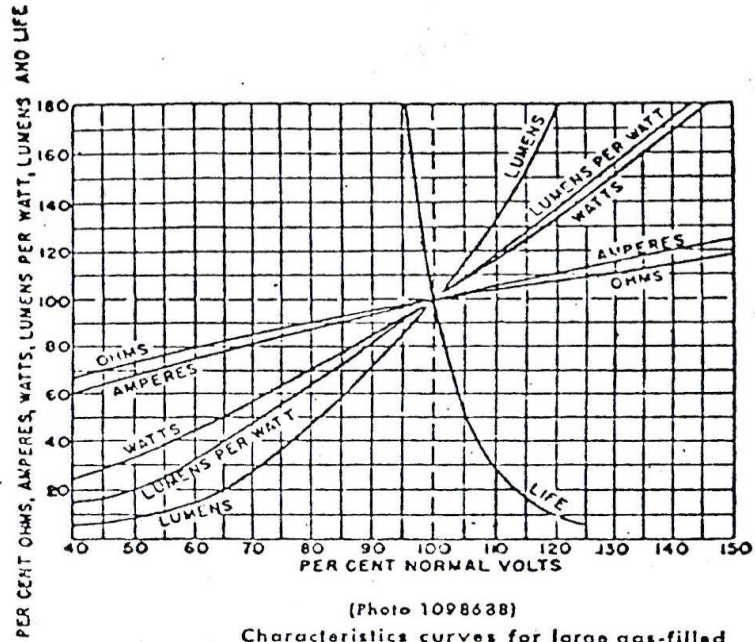
La desviación de tensión desde el valor nominal tiene diversas consecuencias de acuerdo con las características de la carga y el punto de conexión de los consumidores a la red. Se admite generalmente que la tensión de alimentación óptima para cada carga es su tensión nominal; Cualquier desviación de este valor influye en el funcionamiento de diferentes cargas.

Cuando el voltaje en los terminales de los equipos de utilización se desvía del valor de la placa de características del equipo, el rendimiento y la vida de operación del equipo quedan afectados. El efecto puede ser menor o serio dependiendo de las características del equipo y la cantidad de desviación de voltaje de la placa de características.[28]

2.3.1 Efecto en Lámparas de Iluminación.

Las lámparas incandescentes tanto la eficiencia lumínica como la vida teórica, son seriamente afectadas por la variación de voltaje como puede observarse en la figura (2.8).

Hay que aclarar que si bien con una disminución de voltaje, existe un incremento de la vida de la lámpara, esto, en realidad no representa una ventaja apreciable, puesto que la función de este artefacto es iluminar y no, permanecer como adorno.[24]



(Photo 1098638)
 Characteristics curves for large gas-filled
 incandescent type C lamps. These are the average
 of many lamps.

Figura 2.4 Efectos de la variación de voltaje en las lámparas incandescentes.[24]

En las lámparas fluorescentes, el efecto del voltaje en la emisión lumínica, no es tan acentuada como en las lámparas incandescentes como muestra la figura (2.9); pero es un factor en el arranque el mismo que puede ser insatisfactorio o incierto con voltajes muy bajos o puede causar sobrecalentamientos en el balasto con voltajes muy altos en cualquier caso la vida de la lámpara será reducida.

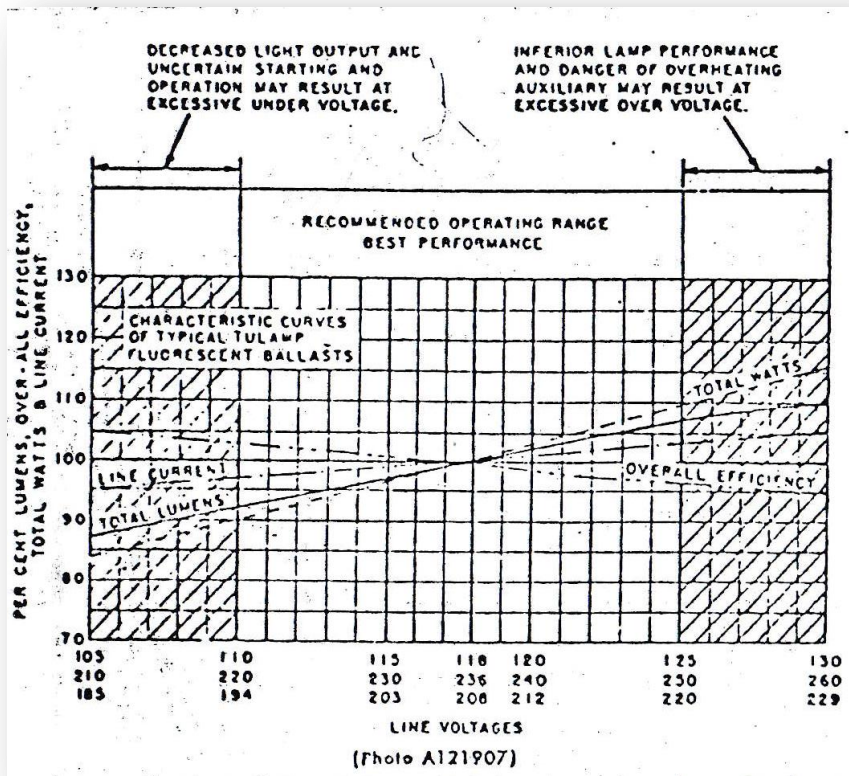


Figura 2.5 Efectos de la variación de voltaje en lámparas fluorescentes.

2.3.2 Efectos en Equipos de Calefacción.

La producción de calor de un calefactor eléctrico de tipo resistivo, varía en función cuadrática con el voltaje aplicado como muestra la figura (2.10). El tiempo requerido para alcanzar una temperatura predeterminada es inversamente proporcional al voltaje aplicado. Para uso doméstico, el tiempo requerido para obtener cierto grado de calentamiento no es de mayor importancia; pero para la industria si lo es por cuanto afecta definitivamente en la producción.

Con lo que respecta a la vida del equipo, esta se ve afectada con el sobrevoltaje excesivo.[24]

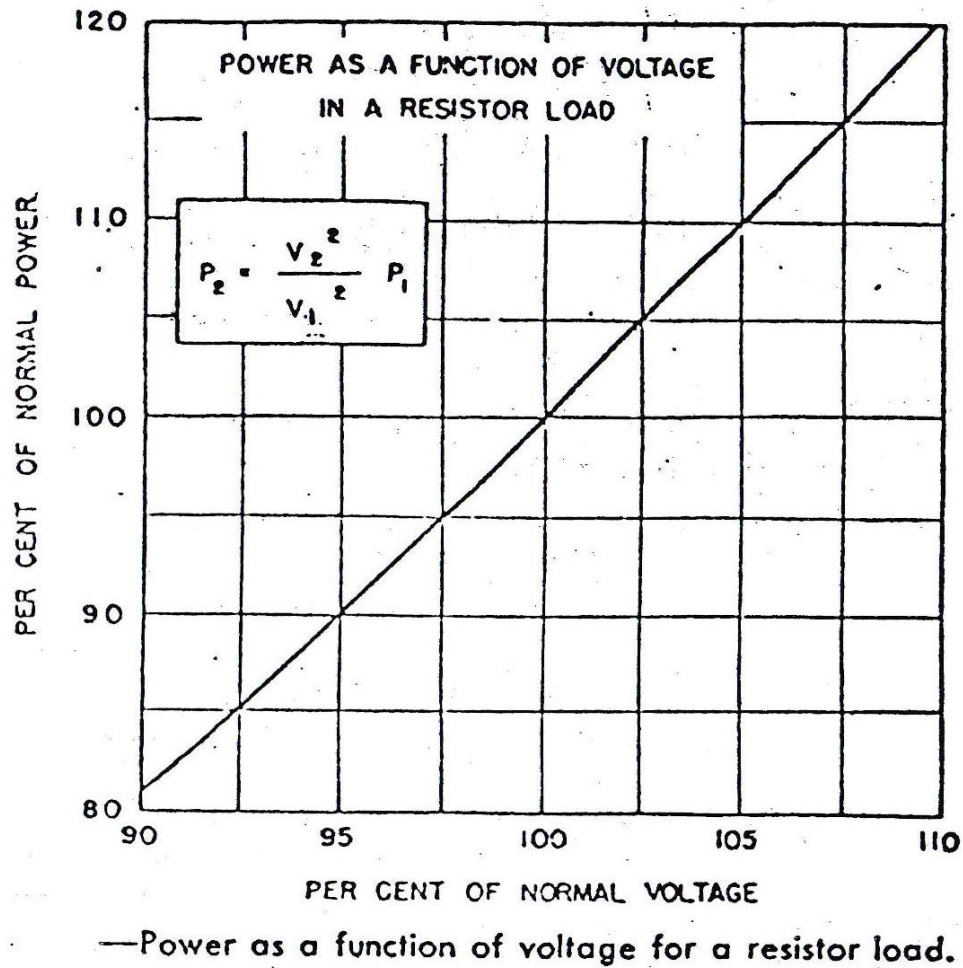


Figura 2.6 Efectos de la variación de voltaje en equipos eléctricos de calefacción.[24]

2.3.3 Efecto en Motores Eléctricos.

El efecto de la variación de voltaje en motores de inducción de uso doméstico (aspiradoras, lavadoras, licuadoras, ventiladoras, refrigeradores, etc.) es notorio pues el torque de arranque varía en función cuadrática con el voltaje aplicado, la corriente de arranque varía linealmente con el voltaje, la corriente de plena carga aumenta con valores de voltaje menores que el normal; en lo que respecta a la velocidad, la variación es muy pequeña, la figura (2.11) indica las características anotadas. En motores sincrónicos, el efecto de la variación de voltaje es similar al descrito para motores de inducción con la única diferencia que el torque de arranque varía linealmente con el voltaje aplicado.[24]

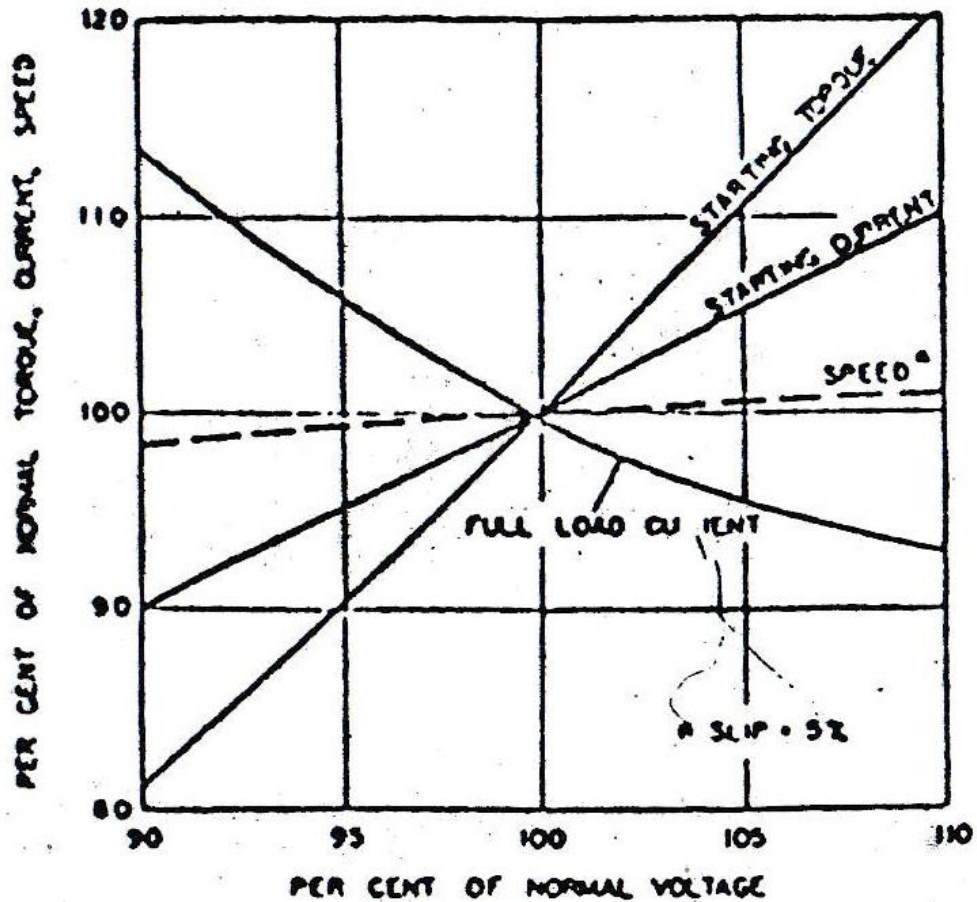


Figura 2.7 Efectos de la variación de voltaje de motores de inducción.[24]

2.3.4 Efecto de la variación de voltaje en Equipos Electrónicos.

La variación de voltaje afecta notablemente tanto en la vida media como en el buen funcionamiento. Dada la variación de elementos electrónicos existentes, no se ha establecido en forma específica como les afecta, sin embargo en aparatos tales como radio, y televisiones, de amplio uso para abonados de tipo residencial, las variaciones de voltaje afectan la vida media del equipo y en el caso de televisores pueden ser afectados también la imagen y el brillo, como se muestra en la figura (2.12).[24]

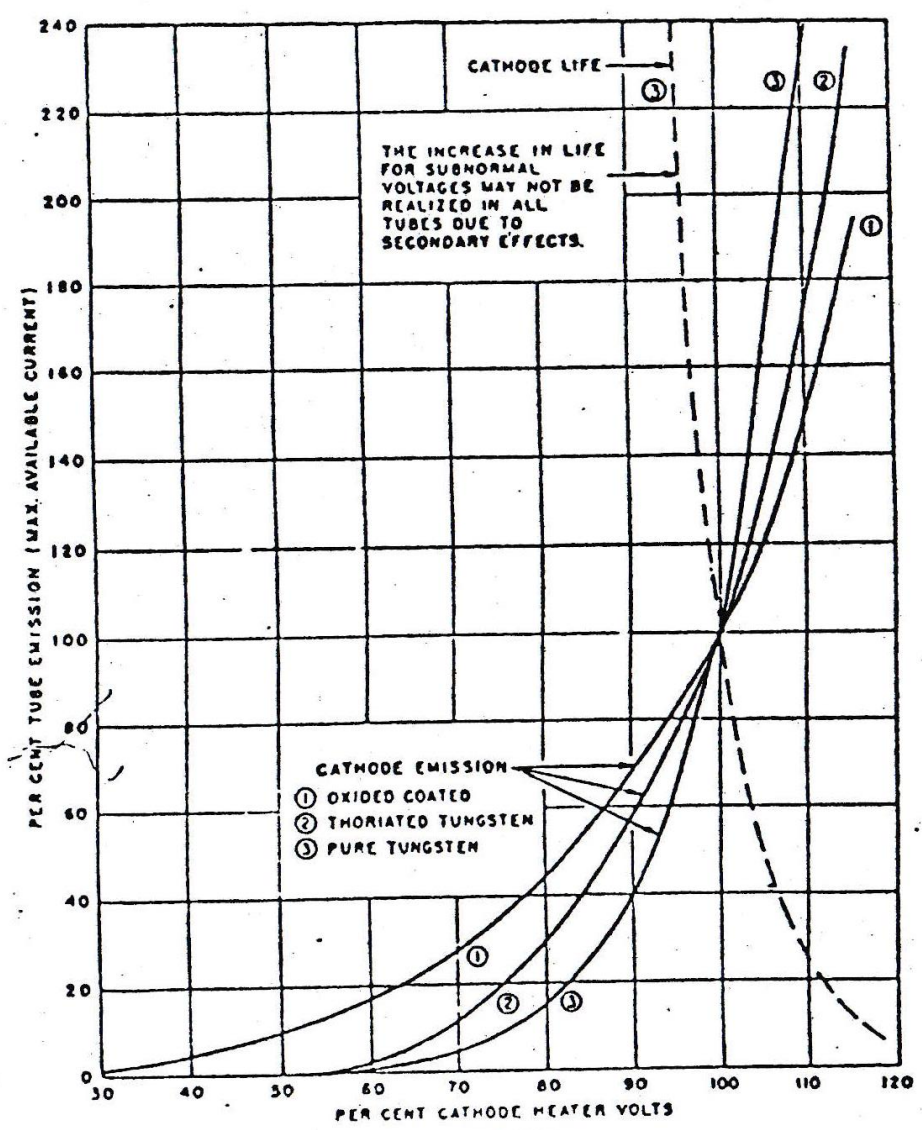


Figura 2.8 Efecto de la variación de voltaje en equipos electrónicos[24]

CAPÍTULO 3

3 PRUEBAS, MEDICIONES Y REGISTRO DE LOS RESULTADOS.

Este capítulo presenta el plan de pruebas, los equipos de medición necesarios, un formato general en el que se especifica los datos a los cuales se basa la experimentación al variar el voltaje de alimentación a la cocina de inducción, se expone la forma de realizar las pruebas y la forma de conexión de cada instrumento de medición como cada una de sus características, con el propósito de verificar que la eficiencia de la cocina al variar el voltaje.

3.1 Plan de pruebas y equipos necesarios.

Se presenta el esquema en que se realiza la adquisición de los datos por cada prueba, realizada a las cocinas, se incluye las características técnicas de cada equipo empleado para cada experimento.

3.1.1 Plan de pruebas.

Las pruebas son de tipo experimental el cual se define:

“El método experimental se ha ideado con el propósito de determinar, con la mayor confiabilidad posible, relaciones de causa-efecto, para lo cual uno o más grupos, llamados experimentales, se exponen a los estímulos experimentales y los comportamientos resultantes se comparan con los comportamientos de ese u otros grupos, llamados de control, que no reciben el tratamiento experimental.”¹

El propósito de este plan es planificar, estructurar y documentar los datos adquiridos por todas las pruebas realizadas con las cocinas de inducción.

3.1.2 Equipos necesarios.

Para la realización experimental de la variación del voltaje se empleará con un Variac (variador de voltaje alterno) de acuerdo a los rangos que establece la regulación de CONELEC 004-001, facilitado por la Universidad Politécnica Salesiana. El cual se muestra en la figura (3.1). Como característica tiene una variación del voltaje (AC) de hasta 300 voltios.

¹ Según Mario Tamayo y Tamayo (2010) pag,45



Figura 3.1 Variac (variador de voltaje AC) [Autor]

Las cocinas de inducción fueron del modelo ei4pve60 de 4 inductores que está dentro de la oferta del gobierno ecuatoriano representada en la figura (3.2), las mediciones que se realizaron en los tres sectores de la ciudad es de modelo ei4pve60 de 4 inductores en esta cocina difiere la potencia entregada la cual es de (6400 a7200) vatios como se indica en las figuras (3.3)

Con las siguientes especificaciones:

- Touch control con 10 niveles de potencia
- Encimera con tablero vitro cerámico de fácil limpieza
- Temporizador/ Apagado automático
- Sensor inteligente de recipientes
- Sensor bloque de sobrecalentamiento
- Bloqueo para niños
- Máxima eficiencia energética
- Regatones estabilizadores
- Función Booster en 2 inductores

Potencia:

- 3500W - 4500W
- 200-240v (Rangos de medición real)

Inductores:

- 1: 14,5cm. 1100w 2: 16cm. 1400w 3: 17cm. 1850w 4: 19cm. 1400w [29]



Figura 3.2 Cocina (3500 a 4500) vatios para mediciones en los laboratorios de la Universidad Politécnica Salesiana [15]



Figura 3.3 Cocina de (6500 a 7200) vatios Para mediciones fuera de la U.P.S. [15]

Las ollas deben ser de metales ferromagnéticos, esto porque la cocina utiliza un campo electromagnético para cocer los alimentos, los metales pueden ser como acero, hierro. Los recipientes deben contener un material ferromagnética al menos en la base, por lo que los de aluminio, cerámica, vidrio, o cobre, no son utilizables con este tipo de cocinas, de cocción un ejemplo de las ollas se indica en la figura (3.4) una de las característica de las ollas es que deben tener las medidas similares a la de cada inductor ya que estas cocinas son capaces de detectar el tamaño del recipiente.



Figura 3.4 Ollas de Inducción [15]

3.1.3 Equipos de medición.

Para las mediciones se considerara el analizador fluke 435 trifásico ver figura (3.5) y sus características técnicas están en la tabla (3.1).

Los analizadores de calidad eléctrica trifásicos 435 y 434 de Fluke ayudan a localizar, predecir, prevenir y solucionar problemas en sistemas de distribución e instalaciones eléctricas trifásicas, registra todos los datos que necesita detallar. Captura datos RMS reales para ver todas las formas de onda de modo que pueda determinar cómo interaccionan

tensión, corriente y frecuencia. Dispone de memoria suficiente para registrar 400 parámetros con un minuto de resolución durante un mes.[30]

Tabla 3.1 Características técnicas [30]

Input characteristics

Voltage inputs	
Number of inputs	4 (3 phases + neutral) dc-coupled
Maximum input voltage	1000 Vrms
Nominal voltage range	50 V to 500 V according IEC 61000-4-30. Selectable from 1 V to 1000 V.
Maximum peak measurement voltage	6 kV
Input impedance	4 M Ω /5 pF
Bandwidth	> 10 kHz, up to 100 kHz for transient display
Scaling	1:1, 10:1, 100:1, 1000:1 and variable
Current inputs	
Number of inputs	4 (3 phases + neutral) dc-coupled
Type	Clamp on current transformer with mV output
Range	1 Arms to 400 Arms with included clamps (i400s/Fluke 434) 30 A to 3000 Arms with included clamps (i430-flex/Fluke 435) 1 Arms to 3000 Arms with optional clamps
Input impedance	50 k Ω
Bandwidth	> 10 kHz
Scaling	0.1, 1, 10, 100, 1000 mV/A, variable, i5s and i430-flex
Nominal frequency	40 Hz to 70 Hz
Sampling system	
Resolution	16 bit analog to digital converter on 8 channels
Maximum sampling speed	200 kS/s on each channel simultaneously
RMS sampling	5000 samples on 10/12 ² cycles according IEC 61000-4-30
PLL synchronization	4096 samples on 10/12 ² cycles according IEC 61000-4-7



Figura 3.5 analizador Fluke 435 [30]

Y un multímetro digital marca TRUPER ver figura (3.6) que consta de una termocupla tipo k para las mediciones de temperatura. Sus características en temperatura muestra la tabla (3.2). [31]

Tabla 3.2 Rangos de medición de la termocupla [31]

F. Temperatura

Rango	Resolución	Precisión	Protección de sobrecarga
-40° - 1 000 °C	1 °C	-40 - 0 °C: $\pm (3\% + 9)$	600 Vp
		0 - 400 °C: $\pm (1\% + 7)$	
		400 - 1 000 °C: $\pm (2\% + 10)$	
-40 °F - 1 832 °F	1 °F	-40 - 32 °F: $\pm (3\% + 10)$	
		32 - 752 °F: $\pm (1\% + 8)$	
		752 - 1 832 °F: $\pm (2\% + 18)$	



Figura 3.6 Multímetro Truper modelo 202 [31]

Para confirmación de las variaciones de temperatura el multímetro digital Amprobe 35XP-A ver figura (3.7). Con sus características las cuales son:

Medición de la temperatura Capacidad de 1,000 ° C / 1832 ° F (Tipo K termopar incluida) 750 V AC / DC- 1000 V más alto Puntuación de tensión en esta clase de metro Capacitancia de marcha del motor / inicio prueba 0,1 mu resolución de la llama pruebas de sensor Frecuencia de 1 MHz Resistencia a 40 MW Retención de datos congela la pantalla Funda Magne -Grip™ VolTect tensión sin contacto™ detector.[32]

Las calificaciones de triple seguridad



Figura 3.7 Multímetro Amprobe 35XP-A [32]

Un cronómetro para las mediciones de tiempo en cada una de las pruebas que se realizarán como muestra la figura (3.8).



Figura 3.8 Cronómetro [Fuente propia del Autor]

3.2 Formato para registro de resultados.

El Objetivo de las pruebas es examinar la operación y el desempeño de la cocina bajo las condiciones controladas de variación de voltaje y el tiempo que demora en calentar un litro de agua.

Para lo cual la tabla (3.3) no presenta todas las variables a ser recopilados por cada prueba

Tabla 3.3 Formato de tabla de pruebas [Fuente propia del Autor]

Nombre del archivo	HIP	HEC	HAC	HFP	inductor #	NP	VA	Parametros medidos				
								V	I	P	FP	PE (90°C)
prueba 1	18:10	18:15	19:07	19:16	1	1	1lt	x	x	x	x	nc
prueba2	19:17	19:22	19:27	19:31	1	9	1lt	x	x	x	x	sc
prueba3	19:32	19:36	19:47	19:51	1	8	1lt	x	x	x	x	sc
prueba4	19:53	20:32	20:46	20:50	1	7	1lt	x	x	x	x	sc
prueba5	17:28	17:33	18:01	18:07	1	6	1lt	x	x	x	x	sc
prueba6	18:08	18:17	19:37	19:45	1	5	1lt	x	x	x	x	nc
prueba7	19:47	19:49	19:59	20:05	1	4	1lt	x	x	x	x	nc
prueba8	20:06	20:10	20:20	20:25	1	3	1lt	x	x	x	x	nc
prueba9	20:28	20:33	20:38	20:48	1	2	1lt	x	x	x	x	nc
prueba 10	18:25	18:30	18:35	18:41	2	9	1lt	x	x	x	x	sc
prueba11	18:42	18:48	18:56	19:01	2	8	1lt	x	x	x	x	sc
prueba12	19:02	19:08	19:19	19:24	2	7	1lt	x	x	x	x	sc
prueba13	19:25	19:32	19:58	20:03	2	6	1lt	x	x	x	x	sc
prueba14	20:14	20:19	20:24	20:31	2	5	1lt	x	x	x	x	nc
prueba15	20:32	20:37	20:42	20:47	2	4	1lt	x	x	x	x	nc
prueba16	8:10	8:17	8:23	8:30	2	3	1lt	x	x	x	x	nc
prueba 17	8:31	8:36	8:41	8:51	2	2	1lt	x	x	x	x	nc
prueba 18	8:53	8:58	9:08	9:15	2	1	1lt	x	x	x	x	nc
prueba 19	9:16	9:21	9:25	9:30	3	9	1lt	x	x	x	x	sc
prueba 20	9:31	9:37	9:42	9:47	3	8	1lt	x	x	x	x	sc
prueba 21	9:48	9:55	10:05	10:12	3	7	1lt	x	x	x	x	sc
prueba 22	10:15	10:22	10:41	10:48	3	6	1lt	x	x	x	x	sc
prueba 23	10:50	10:55	11:00	11:05	3	5	1lt	x	x	x	x	nc
prueba 24	11:06	11:11	11:18	11:29	3	4	1lt	x	x	x	x	nc
prueba 25	12:07	12:12	12:18	12:23	3	3	1lt	x	x	x	x	nc
prueba 26	12:24	12:29	12:36	12:41	3	2	1lt	x	x	x	x	nc
prueba 27	12:42	12:50	12:55	13:00	3	1	1lt	x	x	x	x	nc
prueba28	13:02	13:07	13:13	13:18	3	9	2lt	x	x	x	x	sc
prueba29	13:19	13:24	13:40	13:45	3	9	3lt	x	x	x	x	sc

La tabla (3.3) indica cada uno de los parámetros medidos con el analizador Fluke 435 los cuales son:

Nombre de archivo.

Aquí están identificados la cantidad de pruebas que se realizaron y los nombres con los que están guardados en el Anexo A.

Tiempos.

HIP: Hora de inicio de prueba.

HEC: Hora de encendido de la cocina.

HAC: Hora de apagado de la cocina.

HFP: Hora del final de cada prueba.

Nc: No cumple para potencias pequeñas.

Sc: Si cumple con niveles de potencia altas

Inductor #.

Los experimentos se realizaron con una cocina de cuatro inductores, de los cuales dos proporcionan igual potencia (1400 w) por tanto las mediciones se realizará en los tres restantes que tienen una potencia, inductor #1 de (1100 W), inductor #2 (1400 W), y el inductor #3 (1850 W).

Nivel de potencia.

Cada inductor tiene nueve niveles de potencia, que serán sometidos a medición, estos son del nivel (1 al 9) siendo 9 el de potencia máxima.

Volumen de Agua (V.A).

Especifica la cantidad de agua a calentar.

Voltaje (V).

Especificaremos los voltajes los cuales están siendo proporcionados para definir el efecto que produce en la cocina de inducción.

Corriente (I).

La corriente medida en amperios será la que nos mida el analizador al momento se poner a trabajar la cocina.

Potencia (P).

La potencia está referida a los diferentes niveles que ofrece la cocina de inducción los cuales son nueve niveles.

Temperatura T (90°C).

La temperatura a la cual debe llegar el agua para dar por terminada la prueba.

3.3 Desarrollo de las pruebas.

La cocina se instaló en los laboratorios de la universidad Politécnica Salesiana, al comenzar las pruebas se realizará la configuración e instalación de los elementos de consumo en este caso la cocina de inducción y los elementos de medición como el analizador, termómetro y el respectivo cronómetro para verificación de tiempo.

La cocina fue conectada a una fuente de variación, variac (variador de voltaje alterno) el cual proporciona los niveles de voltajes deseados.

Los elementos de medición se conectaron en cada uno de los alimentadores (líneas de energía) para compilar los datos de consumo y variaciones.

El termómetro (termocupla) se colocó dentro de cada una de las ollas para proporcionarnos la variación de temperatura hasta alcanzar la necesaria (90 grados centígrados) corroborando la eficiencia o tiempo de calentamiento y el efecto que produce la cocina al recibir el voltaje.

El cronómetro proporciona los tiempos de calentamiento de un litro de agua en los diferentes voltajes e inductores para cada prueba que se realizará.

Para verificar el funcionamiento de la cocina en condiciones normales se tomara las mediciones en los tres sectores de la ciudad norte (Calderón), centro (Kennedy) y sur (Barrio Nuevo) para tener una mejor visión del comportamiento de los elementos con los voltajes reales que presta el servicio eléctrico de cada red.

Como primer procedimiento se tomó el voltaje de red para verificación del funcionamiento normal de la cocina como sus niveles de potencia, tiempos de calentamiento, nivel de voltaje, corriente, variación de temperatura los cuales se visualizan en la tabla (3.4).

Tabla 3.4 Tabla de referencia de mediciones diferentes pruebas [Fuente propia del Autor]

Tensión L12 (V)	Corriente L1 (A)	Potencia Activa Total (W)	Tiempo de medición	Tiempo transcurrido	Temperatura °C
216,75	1,230311419	26,667			20
216,77	1,230197906	26,667			20
216,84	1,229800775	26,667			20
217,17	1,227932035	26,667			20
217,4	1,226632935	26,667			20
217,23	4,910325461	106,667	0:00:00	0:00:00	20
216,04	60,4826421	1306,667	18:28:00	0:01:00	48
215,85	60,5358814	1306,667	18:29:10	0:01:10	64
214,82	60,82613351	1306,667	18:30:10	0:01:00	79
215,17	60,72719245	1306,667	18:30:55	0:00:55	90
215,72	27,19576303	586,667			
215,89	1,235212377	26,667	Tiempo total	0:04:05	90 °C
216,03	1,234411887	26,667			
215,48	1,237562651	26,667			
215,32	1,238482259	26,667			
215,22	1,239057708	26,667			
215,48	1,237562651	26,667			

3.4 Registro de variables de entrada y resultados de salida.

Para conocer el efecto que causa la variación del voltaje sobre las cocinas de inducción y su desempeño se toma los valores de las variables de entrada como voltaje, temperatura inicial, tiempo de inicio como muestra la tabla (3.5), incluyen los datos de las variables de salida como potencia, temperatura y tiempo final de cada prueba.

Tabla 3.5 Tabla de Variables de entrada y salida [Fuente propia del Autor]

Fecha	Hora	Tensión L12	Corriente L1	Potencia Activa Total	PF Clásico Total	Temperatura °C
04/02/2015	19:14	213,65	1	26,667	-0,01	20
04/02/2015	19:15	213,87	1	0	0,04	20
04/02/2015	19:16	213,55	1	0	0,02	20
04/02/2015	19:17	212,77	1	26,667	0,08	20
04/02/2015	19:18	211,54	5	1093,333	0,95	20
04/02/2015	19:19	211,05	5	1093,333	0,95	55
04/02/2015	19:20	210,95	5	1066,667	0,95	66
04/02/2015	19:21	210,61	5	1093,333	0,95	75
04/02/2015	19:22	210,82	5	1066,667	0,95	90
04/02/2015	19:23	211,3	3	320	0,34	
04/02/2015	19:24	211,75	1	26,667	0,11	
04/02/2015	19:25	211,56	1	26,667	0,09	
04/02/2015	19:26	212,09	1	26,667	0,02	
04/02/2015	19:27	213,74	1	26,667	0,09	

El tiempo esta medido en minutos el cual muestra el inicio y la variación de la temperatura hasta alcanzar el siguiente minuto como muestra la tabla (3-5), el voltaje medido en (V) indica el nivel al cual esta alimentado en ese instante, la corriente medida en (A) que consume la cocina para realizar su trabajo a igual que el nivel de potencia medida en (kW).

En la figura (3.9) se presenta la variación de la potencia que tiene la cocina por niveles para una potencia de 1100 vatios que ofrece el inductor dato expresado en placa de datos.

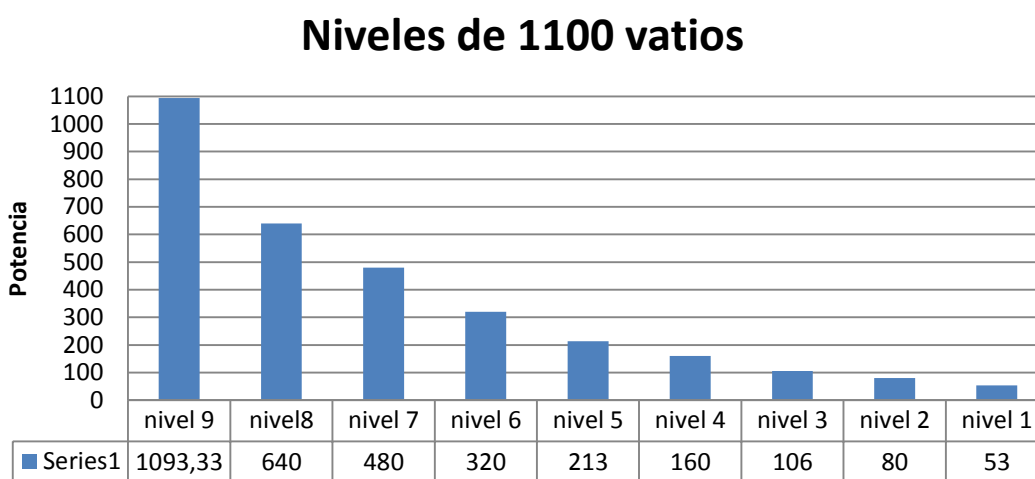


Figura 3.9 Rangos de nivel para un inductor de 1100 vatios [fuente propia de autor]

Para las pruebas de laboratorio se referirá a los valores de máxima potencia.

La figura (3.10) muestra los niveles de potencia de la cocina en un inductor de 1400 vatios.

Niveles para 1400 vatios

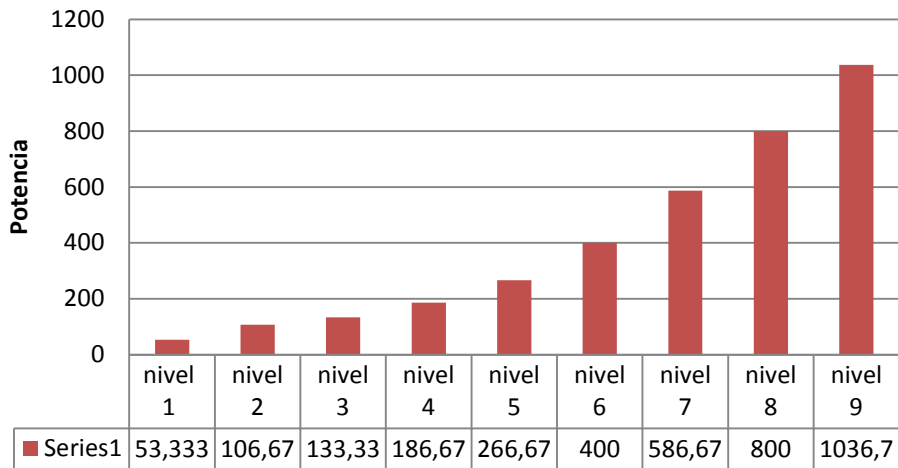


Figura 3.10 Niveles de potencia para 1400 vatios [Fuente propia del autor]

La figura (3.11) indica los niveles de voltaje para un in ductor de 1850 vatios.

Niveles de potencia 1850 vatios

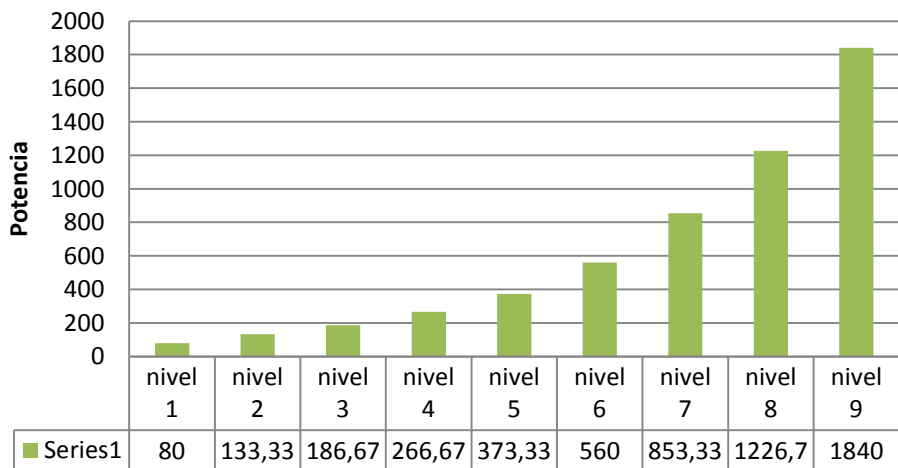


Figura 3.11 Niveles de potencia de 1850 vatios [Fuente propia de autor]

Las cocinas presentan los mismos niveles de inducción su diferencia radica en su tecnología de fabricación en el control

CAPÍTULO 4

4 ANÁLISIS DE RESULTADOS.

Este capítulo presenta los resultados obtenidos en los diferentes pruebas realizadas en los laboratorios de la Universidad Politécnica Salesiana complementando con los datos tomados en los sectores de la ciudad en los cuales presentan distintos niveles de voltaje por la red de distribución, los datos clasificados se presentan en tablas, para ser analizados y exponer los resultados, verificando que tipo de efecto existe sobre las cocinas de inducción al recibir los voltajes en diferentes rangos de alimentación.

Se presentan qué tipo de efecto presenta la variación del voltaje en la cocina y los efectos en los demás artefactos resistivos e inductivos que tienen los electrodomésticos.

4.1 Procesamiento y depuración de resultados.

Los resultados obtenidos en su totalidad se encuentran en el Anexo A, de los cuales son presentadas en tablas para cada caso con valores significativos que verifiquen los resultados deseados para la presente tesis.

En la tabla (4.1) se muestra los valores tomados con una diferencia de un minuto por medición, tiene una variación de voltaje de 210 a 213 voltios en la cual se observa que la corriente tiene variaciones.

Como se muestra en la tabla los valores los 4 minutos iniciales son tomados los voltajes de línea sin la carga (cocina apagada) (HIP), los 5 minutos 29 segundos siguientes demuestran la cocina encendida a su potencia máxima del inductor de 1100 vatios (dato de placa en el inductor),

Los minutos restantes son cuando la cocina ya se desconectó (HFP) del sistema y sus mediciones son sin carga.

Se observa cada hora de medición para verificar su desempeño como también se proporciona el tiempo total que la cocina tardó en calentar un litro de agua a una potencia de 1093 vatios.

Tabla 4.1 Tabla de valores medidos a través del Analizador Fluke [Fuente propia del Autor]

Fecha	Hora	Tensión L12	Corriente L1	Potencia Activa Total	Tiempo de medición	Tiempo transcurrido	Temperatura °C
04/02/2015	(HIP) 19:14	213,65	0,12481629	26,667			20
04/02/2015	19:15	213,87	0,12468789	26,667			20
04/02/2015	19:16	213,55	0,12487474	26,667			20
04/02/2015	19:17	212,77	0,12533252	26,667		0:00:00	20
04/02/2015	(HEC) 19:18	211,54	5,16844568	1093,333	18:19:10	0:01:10	42
04/02/2015	19:19	211,05	5,18044539	1093,333	18:20:10	0:01:00	57
04/02/2015	19:20	210,95	5,18290116	1093,333	18:21:10	0:01:00	72
04/02/2015	19:21	210,61	5,19126822	1093,333	18:22:10	0:01:00	81
04/02/2015	(HPC) 19:22	210,82	5,05961009	1066,667	18:22:29	0:01:29	90
04/02/2015	19:23	211,3	1,51443445	320			
04/02/2015	19:24	211,75	0,12593625	26,667	tiempo total	0:05:29	90 °C
04/02/2015	19:25	211,56	0,12604935	26,667			
04/02/2015	19:26	212,09	0,12573436	26,667			
04/02/2015	(HFP) 19:27	213,74	0,12476373	26,667			

La siguiente tabla (4.2) muestra una variación del voltaje de 214 a 216 voltios con un inductor de placa 1400 vatios.

Por tener mayor potencia el inductor calentamiento de un litro de agua reduce el tiempo a cuatro minutos. Los tiempos representan la medición de la red (HIP), sin carga, se presenta en tiempo de ingreso de carga (HEC), el final de la medición cuando ha cumplido el trabajo requerido (HAC) y la terminación de la prueba (HFP).

Tabla 4.2 Variación de voltaje 214 - 216 votios inductor 1400 vatios

Tensión L12 (V)	Corriente L1 (A)	Potencia Activa Total (W)	Tiempo de medición	Tiempo transcurrido	Temperatura °C
216,75	1,230311419	26,667			20
216,77	1,230197906	26,667			20
216,84	1,229800775	26,667			20
217,17	1,227932035	26,667			20
217,4	1,226632935	26,667			20
217,23	4,910325461	106,667	0:00:00	0:00:00	20
216,04	60,4826421	1306,667	18:28:00	0:01:00	48
215,85	60,5358814	1306,667	18:29:10	0:01:10	64
214,82	60,82613351	1306,667	18:30:10	0:01:00	79
215,17	60,72719245	1306,667	18:30:55	0:00:55	90
215,72	27,19576303	586,667			
215,89	1,235212377	26,667	Tiempo total	0:04:05	90 °C
216,03	1,234411887	26,667			
215,48	1,237562651	26,667			
215,32	1,238482259	26,667			
215,22	1,239057708	26,667			
215,48	1,237562651	26,667			

La tabla (4.3) muestra los valores para un inductor de 1850 vatios los cuales se identifican en los datos de la placa, de tal forma el tiempo de calentamiento de un litro de agua es más pequeño por recibir más potencia de parte del inductor.

Tabla 4.3 Tabla para un inductor de 1850 vatios.

Fecha	Hora	Tensión L12	Corriente L1	Potencia Activa Total	Tiempo de medición	Tiempo transcurrido	Temperatura °C
07/02/2015	(HIP) 9:12	215,54	0,12372181	26,667			19
07/02/2015	9:13	215,71	0,12362431	26,667			19
07/02/2015	9:14	215,84	0,12354985	26,667			19
07/02/2015	9:15	215,35	0,12383097	26,667			19
07/02/2015	9:16	215,29	0,12386548	26,667			19
07/02/2015	9:17	214,97	3,96954459	853,333	18:18:00	0:01:00	24
07/02/2015	(HEC) 9:18	213,95	8,60014022	1840	18:19:00	0:01:00	65
07/02/2015	9:19	213,77	8,60738177	1840	18:20:05	0:01:05	78
07/02/2015	(HPC) 9:20	213,61	8,61382894	1840	18:20:49	0:00:44	90
07/02/2015	9:21	215,39	0,37141929	80			
07/02/2015	9:22	215,64	0,12366444	26,667	Tiempo total	0:03:49	90 °C
07/02/2015	9:23	215,6	0,12368738	26,667			
07/02/2015	9:24	215,8	0,12357275	26,667			
07/02/2015	9:25	215,21	0,12391153	26,667			
07/02/2015	(HFP) 9:26	214,98	0,1240441	26,667			

Como se indica en las tablas (4.1), (4.2) y (4.3) se muestra la variación de voltaje en diversos rangos y con inductores de potencias distintas.

Las mediciones relacionadas a las tablas ya mencionadas se realizaron en el laboratorio de la universidad Politécnica Salesiana.

En las presentes tablas (4.4), (4.5) y (4.6) se presenta las mediciones realizadas en los sectores norte, centro y sur de la ciudad donde el suministro de voltaje es distinto para cada sector.

Como una tabla de referencia de las mediciones en los sectores tomaremos las utilizadas con los inductores de más alta potencia de 1850 (dato de placa) y al nivel más alto (9) de la cocina, estos resultados serán comparados con los tomados en el laboratorio con las mismas características de potencia.

Como se indica en las tablas siguientes.

Tabla 4.4 Valores medidos Norte (Calderón)

Datos de casa Norte							
Fecha	Hora	Tensión L12	Corriente L1	Potencia Activa Total	Hora de medición	Tiempo trnascurrido	Temperatura °C
03/12/2014	(HIP) 12:30	219,88	0,10778607	23,7			19
03/12/2014	12:31	229,84	0,09911243	22,78			20
03/12/2014	12:32	229,75	0,11164309	25,65			20
03/12/2014	12:33	229,54	0,11617583	26,667			20
03/12/2014	12:34	229,33	0,11628221	26,667			19
03/12/2014	(HEC) 12:35	229,12	1,0018331	229,54	12:35:00	0:00	23
03/12/2014	12:36	227,91	8,07336229	1840	12:36:40	0:01:40	50
03/12/2014	12:37	227,6	8,08435852	1840	12:37:40	0:01:00	78
03/12/2014	(HPC) 12:38	227,15	8,1003742	1840	12:38:46	0:01:06	90
03/12/2014	12:39	228,28	0,35044682	80			
03/12/2014	12:40	228,34	0,12113515	27,66	tiempo total	0:03:46	90 °C
03/12/2014	12:41	229,4	0,11624673	26,667			
03/12/2014	12:42	229,28	0,11630757	26,667			
03/12/2014	12:43	228,28	0,12414579	28,34			
03/12/2014	(HFP) 12:44	214,98	0,1240441	26,667			

Como se puede apreciar en la tabla (4.4) el voltaje fluctúa entre los 230 y 227 voltios. Los cuales son importantes para una total medición de las cocina.

En la tabla (4.5) se presenta los datos de voltaje de 215 y 213 voltios.

Tabla 4.5 Valores tomados en centro (Kennedy)

Datos de cas Centro							
Fecha	Hora	Tensión L12	Corriente L1	Potencia Activa Total	tiempo de medición	tiempo transcurrido	Temperatura °C
13/12/2014	(HIP) 12:30	215,54	0,12372181	26,667			19
13/12/2014	12:31	215,71	0,11450559	24,7			19
13/12/2014	12:32	215,84	0,10331727	22,3			19
13/12/2014	12:33	215,35	0,12383097	26,667			19
13/12/2014	12:34	215,29	0,12750244	27,45			19
13/12/2014	(HEC) 12:35	214,97	1,39554356	300	12:35	0:00:00	19
13/12/2014	12:36	213,95	8,60014022	1840	12:36:10	0:01:10	50
13/12/2014	12:37	213,77	8,60738177	1840	12:37:10	0:01:00	78
13/12/2014	(HPC) 12:38	213,61	8,61382894	1840	12:38:40	0:01:30	90
13/12/2014	12:39	215,39	0,37141929	80			
13/12/2014	12:40	215,64	0,37098868	80			
13/12/2014	12:41	215,6	0,12731911	27,45	Tiempo total	0:03:40	
13/12/2014	12:42	215,8	0,12357275	26,667			
13/12/2014	12:43	215,21	0,12391153	26,667			
13/12/2014	(HFP) 12:44	214,98	0,1240441	26,667			

Para los valores del sector sur de la ciudad corresponden a la tabla (4.6).

Como se puede apreciar los valores de medición fueron realizados en la misma hora tomada como hora pico de consumo.

Para verificación de la eficiencia a diferentes niveles de voltaje, utilizando el inductor de más alta potencia relacionar con los resultados tomados de los experimentos en los laboratorios de la Universidad Politécnica Salesiana.

Tabla 4.6 Valores medidos sector sur (Quitumbe)

Datos de casa Sur					Hora de medición	Tiempo Transcurrido	Temperatura °C
Fecha	Hora	Tensión L12	Corriente L1	Potencia Activa Total			
21/12/2014	(HIP) 12:30	219	0,12176712	26,667			19
21/12/2014	12:31	218,84	0,12185615	26,667			19
21/12/2014	12:32	218,9	0,17816354	39			19
21/12/2014	12:33	218,36	0,25645723	56			19
21/12/2014	12:34	219	1,11872146	245			19
21/12/2014	(HEC) 12:35	219,23	1,82456781	400	12:35:35	0:00:35	24
21/12/2014	12:36	216,67	8,49217704	1840	12:36:35	0:01:00	50
21/12/2014	12:37	216,56	8,49649058	1840	12:37:35	0:01:00	78
21/12/2014	(HPC) 12:38	216,56	8,49649058	1840	12:38:57	0:01:22	90
21/12/2014	12:39	218,56	0,36603221	80			
21/12/2014	12:40	215,59	0,1282527	27,65	Tiempo Total	0:03:57	90 °C
21/12/2014	12:41	218,23	0,12986299	28,34			
21/12/2014	12:42	219	0,12176712	26,667			
21/12/2014	12:43	220	0,12121364	26,667			
21/12/2014	12:44	220	0,12121364	26,667			

4.2 Análisis de resultados.

Si los voltajes de alimentación a la cocina fuese constante esto quiere decir sin ningún tipo variación de voltaje de la red de distribución, cada nivel de voltaje presentaría un consumo constante de corriente que se representa en la tabla (4.7), como la red de alimentación de las cocinas es de 220 voltios los consumos de corriente de cada uno de los inductores a plena carga se indican en la tabla (4.7).

Tabla 4.7 Tabla representativa de valores constantes.

Voltaje ideal	Tabla valores ideales			Corriente original		
	potencia I1	potencia I2	potencia I3	Corriente I1	Corriente I2	Corriente I3
290	1100	1400	1850	3,79310345	4,82758621	6,37931034
285	1100	1400	1850	3,85964912	4,9122807	6,49122807
280	1100	1400	1850	3,92857143	5	6,60714286
275	1100	1400	1850	4	5,09090909	6,72727273
270	1100	1400	1850	4,07407407	5,18518519	6,85185185
265	1100	1400	1850	4,1509434	5,28301887	6,98113208
260	1100	1400	1850	4,23076923	5,38461538	7,11538462
255	1100	1400	1850	4,31372549	5,49019608	7,25490196
250	1100	1400	1850	4,4	5,6	7,4
245	1100	1400	1850	4,48979592	5,71428571	7,55102041
240	1100	1400	1850	4,58333333	5,83333333	7,70833333
235	1100	1400	1850	4,68085106	5,95744681	7,87234043
230	1100	1400	1850	4,7826087	6,08695652	8,04347826
225	1100	1400	1850	4,88888889	6,22222222	8,22222222
220	1100	1400	1850	5	6,36363636	8,40909091
215	1100	1400	1850	5,11627907	6,51162791	8,60465116
210	1100	1400	1850	5,23809524	6,66666667	8,80952381
205	1100	1400	1850	5,36585366	6,82926829	9,02439024
200	1100	1400	1850	5,5	7	9,25
195	1100	1400	1850	5,64102564	7,17948718	9,48717949
190	1100	1400	1850	5,78947368	7,36842105	9,73684211
185	1100	1400	1850	5,94594595	7,56756757	10
180	1100	1400	1850	6,11111111	7,77777778	10,2777778

En la gráfica (4.1) presenta la variación del voltaje en un rango de cinco voltios en forma descendente y el comportamiento de la corriente en cada uno de los inductores según su valor de voltaje, para mejor visualización del comportamiento de la corriente fue necesario elevarla un 10% más del valor original como se muestra en la tabla (4.7),

Cada valor de corriente en la tabla (4.8), nos demuestra que las variaciones de voltaje afectan directamente al valor de la corriente.

Tabla 4.8 Corrientes por inductor aumentada

Coriente I1	Corriente original		Corriente aumentada 10%		
	Corriente I2	Corriente I3	Coriente I1	Corriente I2	Corriente I3
3,79310345	4,82758621	6,37931034	37,93103448	48,27586207	63,79310345
3,85964912	4,9122807	6,49122807	38,59649123	49,12280702	64,9122807
3,92857143	5	6,60714286	39,28571429	50	66,07142857
4	5,09090909	6,72727273	40	50,90909091	67,27272727
4,07407407	5,18518519	6,85185185	40,74074074	51,85185185	68,51851852
4,1509434	5,28301887	6,98113208	41,50943396	52,83018868	69,81132075
4,23076923	5,38461538	7,11538462	42,30769231	53,84615385	71,15384615
4,31372549	5,49019608	7,25490196	43,1372549	54,90196078	72,54901961
4,4	5,6	7,4	44	56	74
4,48979592	5,71428571	7,55102041	44,89795918	57,14285714	75,51020408
4,58333333	5,83333333	7,70833333	45,83333333	58,33333333	77,08333333
4,68085106	5,95744681	7,87234043	46,80851064	59,57446809	78,72340426
4,7826087	6,08695652	8,04347826	47,82608696	60,86956522	80,43478261
4,88888889	6,22222222	8,22222222	48,88888889	62,22222222	82,22222222
5	6,36363636	8,40909091	50	63,63636364	84,09090909
5,11627907	6,51162791	8,60465116	51,1627907	65,11627907	86,04651163
5,23809524	6,66666667	8,80952381	52,38095238	66,66666667	88,0952381
5,36585366	6,82926829	9,02439024	53,65853659	68,29268293	90,24390244
5,5	7	9,25	55	70	92,5
5,64102564	7,17948718	9,48717949	56,41025641	71,79487179	94,87179487
5,78947368	7,36842105	9,73684211	57,89473684	73,68421053	97,36842105
5,94594595	7,56756757	10	59,45945946	75,67567568	100
6,11111111	7,77777778	10,2777778	61,11111111	77,77777778	102,7777778

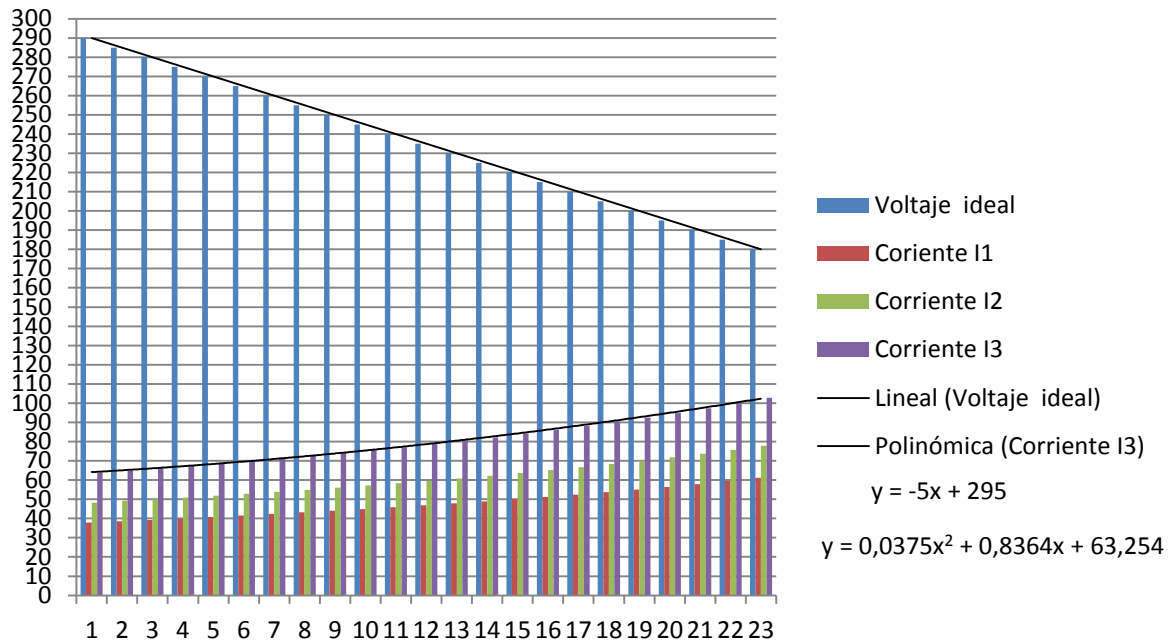


Figura 4.1 Valores de corriente según la variación del voltaje. [Fuente propia del autor]

Por ser un sistema ideal la variación del voltaje es controlada en saltos de cinco voltios en cada tiempo es por lo cual la curva que representa esta variación es una recta que responde a una ecuación lineal, el signo en la ecuación representa la forma de variación del voltaje sea ascendente o descendente dado por la pendiente de la recta, la variación de la corriente está representada por una ecuación polinómica de segundo orden o grado, con un signo positivo que nos indica el incremento de la corriente por lo tanto, se visualiza que un decremento del voltaje da como resultado un incremento en la corriente, esto sucede pues el valor de la potencia se mantiene constante.

Como ya se desarrolló en capítulos anteriores el Sistema nacional Interconectado está afectada por diferentes tipos de perturbaciones los cuales afectan a la red de distribución doméstica, esto causa que el voltaje de alimentación hacia la cocina varíe en rangos pequeños como se presenta en cada tabla propuesta adicional de esta variación también indica que al momento de poner la cocina en funcionamiento se produce una caída de tensión de aproximadamente 1 voltio.

Las tablas (4.1) nos indican valores reales de medición a través del analizador fluke 435 con rangos distintos de voltaje, aplicados a un inductor 1100 vatios. Y su resultado gráfico

se presenta en las, figuras (4.2), (4.3) y (4.4), las cuales representan la variación del voltaje, variación de corriente y su potencia respectivamente.

Variación de Voltaje

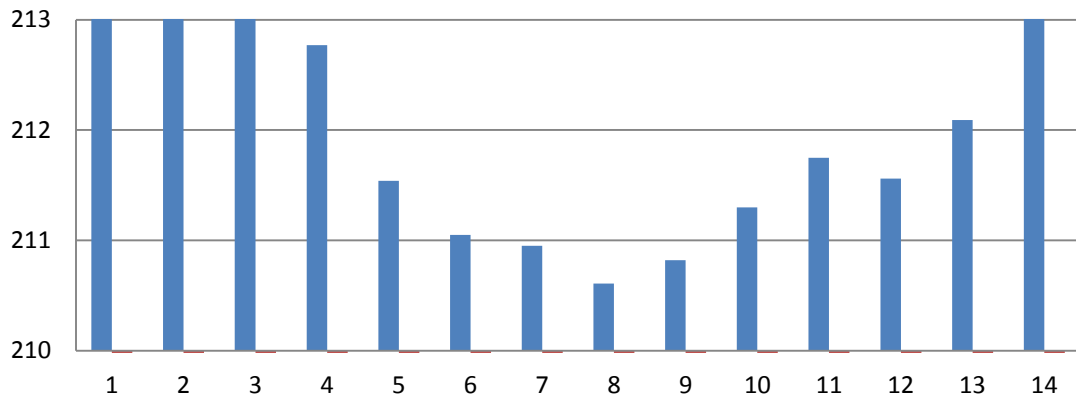


Figura 4.2 Variacion de voltaje 1100 W de potencia [fuente propia del autor]

La variación de voltaje existe siendo la muestra número 8 el nivel más bajo de voltaje.

Corriente L1

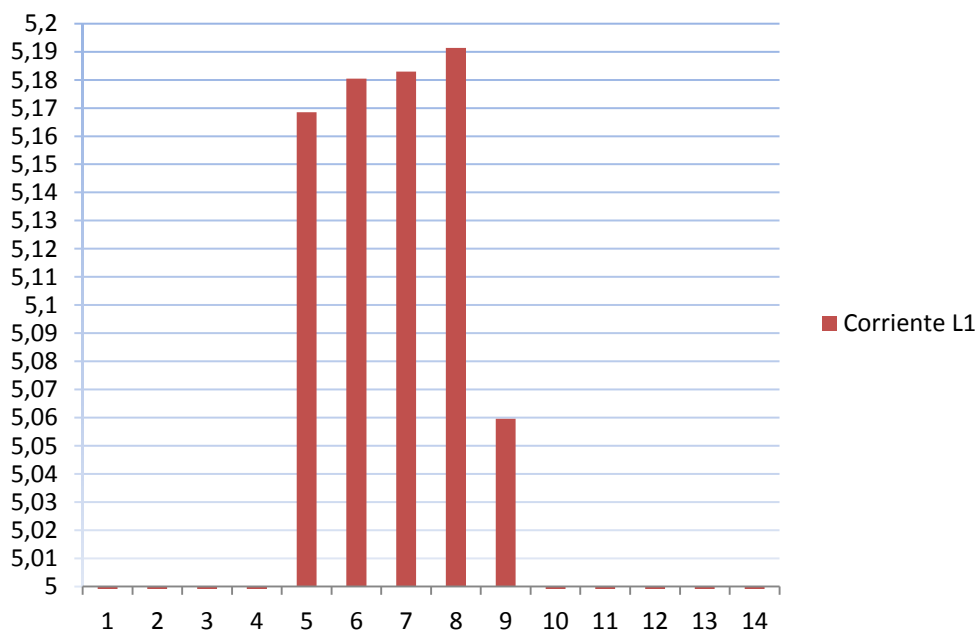


Figura 4.3 Variación de corriente para 1100 vatios

En la figura (4.3) existe una variación de corriente perteneciendo a la muestra número 8 el nivel más alto de corriente.

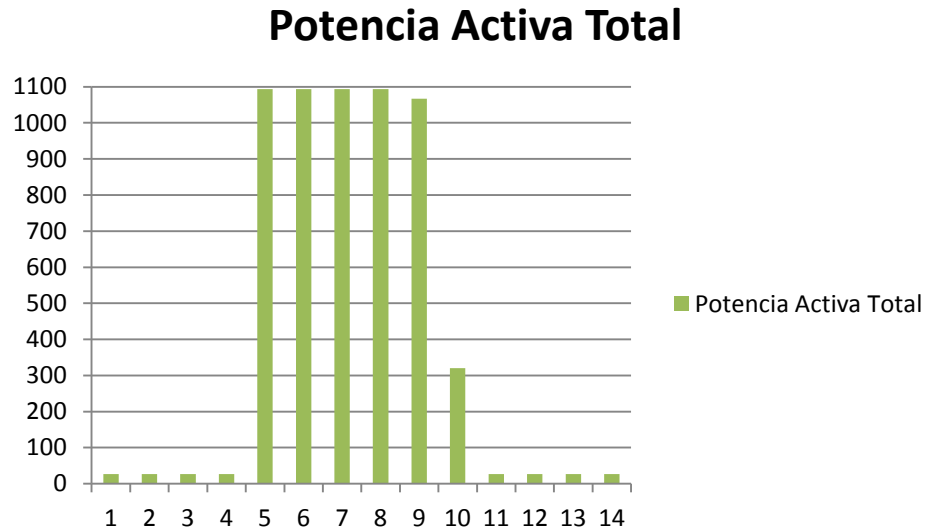


Figura 4.4 Nivel de potencia constante

Como se puede diferenciar en la figura (4.4) la potencia permanece constante en las muestras (5) al (8) esto indica que no existe variación de potencia en el momento que la cocina se encuentra en funcionamiento, esto sucede para cada medición realizada en el laboratorio de la universidad Politécnica Salesiana a diferentes niveles de voltaje y utilizando los diferentes niveles de potencia que la cocina ofrece en su funcionamiento.

4.2.1 Análisis de los resultados obtenidos en las casas.

Las tablas (4.5), (4.6) y (4.7) obtienen los datos tomados con el nivel de voltaje que la red de distribución entrega a cada uno de los sectores norte (Calderón), centro (Kennedy) y sur (Quitumbe), uno de los datos más relevantes que contienen es que su tiempo de calentamiento (temperatura) o eficiencia no varían eso indica que el rendimiento en cada sector será el mismo. La potencia utilizada es de 1850 vatios para cada sector.

Sector Norte (Calderón)

Las figuras (4.5), (4.6) y (4.7) indican el comportamiento de las variables de entrada y de salida voltaje, corriente y potencia respectivamente.

Tensión L12

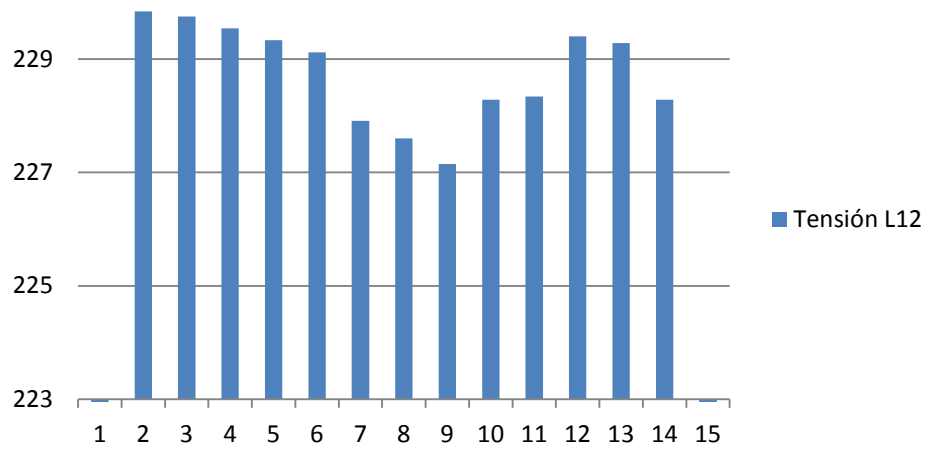


Figura 4.5 Variación de voltaje

La figura (4.5) indica que la variación de voltaje más pronunciada es cuando la cocina empieza a trabajar y se ubica en las muestras del 7 al 9, cabe destacar que el rango de operación se encuentra en los 229 voltios para este sector.

Corriente L1

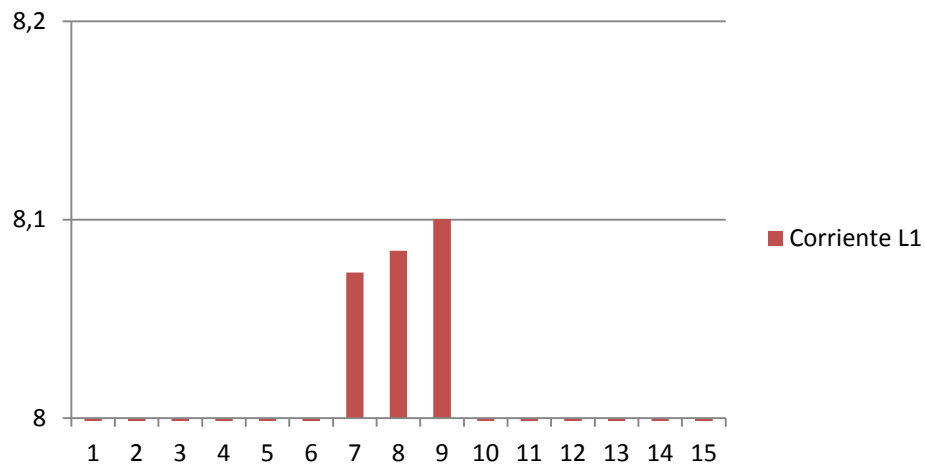


Figura 4.6 Variación de corriente

La figura (4.6) indica que existe variación de corrientes no pronunciadas al momento que la cocina está en funcionamiento.

Potencia Activa Total

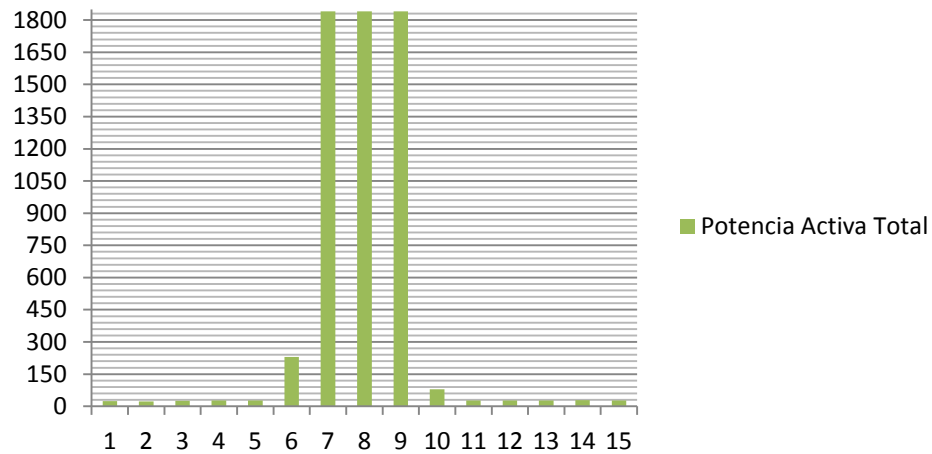


Figura 4.7 Potencia constante

La figura (4.7) indica claramente que su potencia permanece constante durante el funcionamiento de la cocina.

Sector Centro (Kennedy).

Los datos obtenidos en el sector centro (Kennedy), se presenta a continuación cabe destacar que el voltaje de alimentación al sector es de 215 voltios su rango de variación es de 215 a 213 voltios. En las figuras (4.8), (4.9) y (4.10), indica el comportamiento de las variables de entrada y salida cuando la cocina esta funcionando, como son de voltaje, corriente y potencia respectivamente.

La figura (4.8) muestra la variación que tiene el voltaje al momento de encender la cocina.

Tensión L12

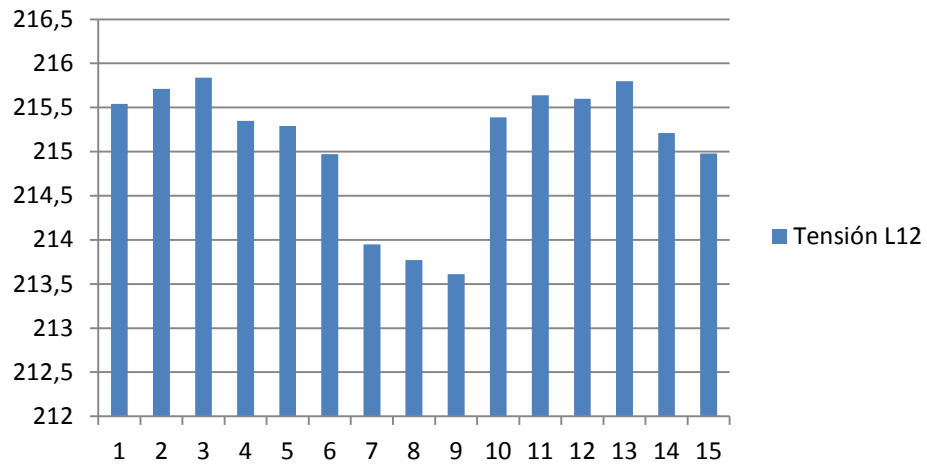


Figura 4.8 Variación del voltaje en la casa centro

Corriente L1

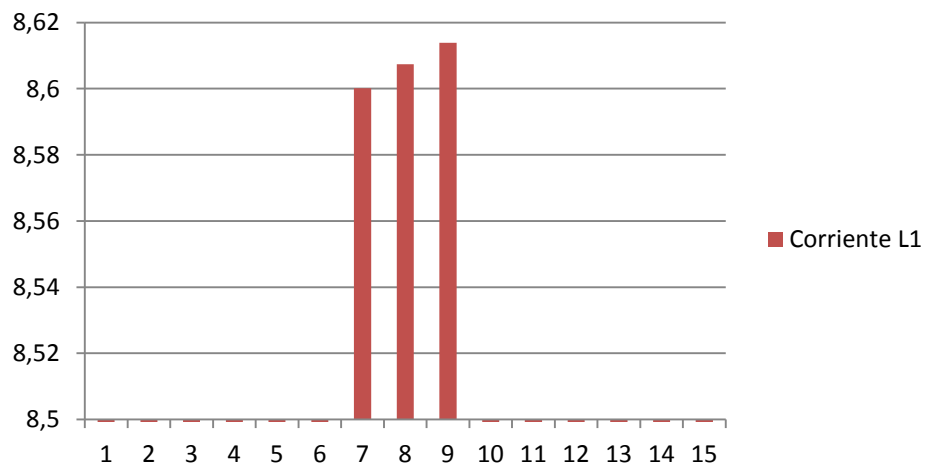


Figura 4.9 Variación de la corriente.

La variación de la corriente se presenta en la figura (4.9) esto ocurre para estabilizar la potencia que exige la cocina.

Potencia Activa Total

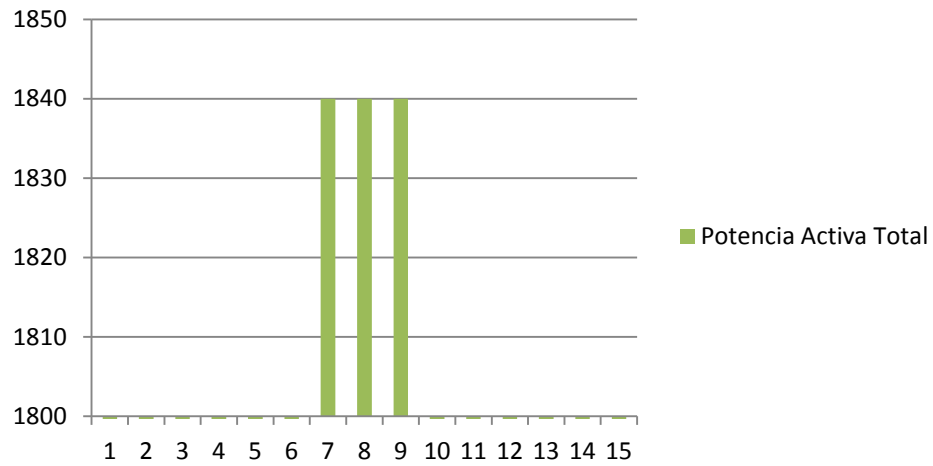


Figura 4.10 Potencia constante.

Como indica la figura (4.10) la potencia es constante en cada muestra.

Casa Sur (Quitumbe).

Las figuras (4.11), (4.12) y (4.13) indican el comportamiento del voltaje, la corriente, y la potencia respectivamente.

Tensión L12

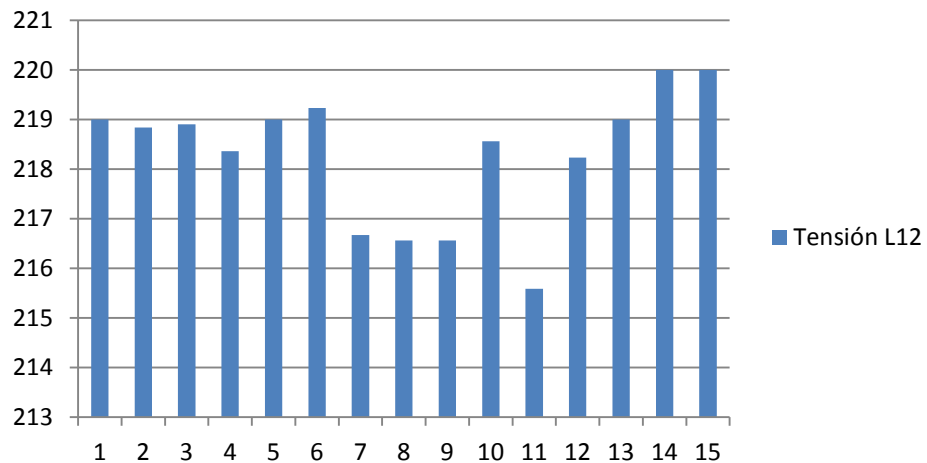


Figura 4.11 Varaiación del voltaje casa Sur

Para mejor visualización de las variaciones de voltaje la figura (4.11) muestra el rango de medición con el nivel de voltaje necesario.

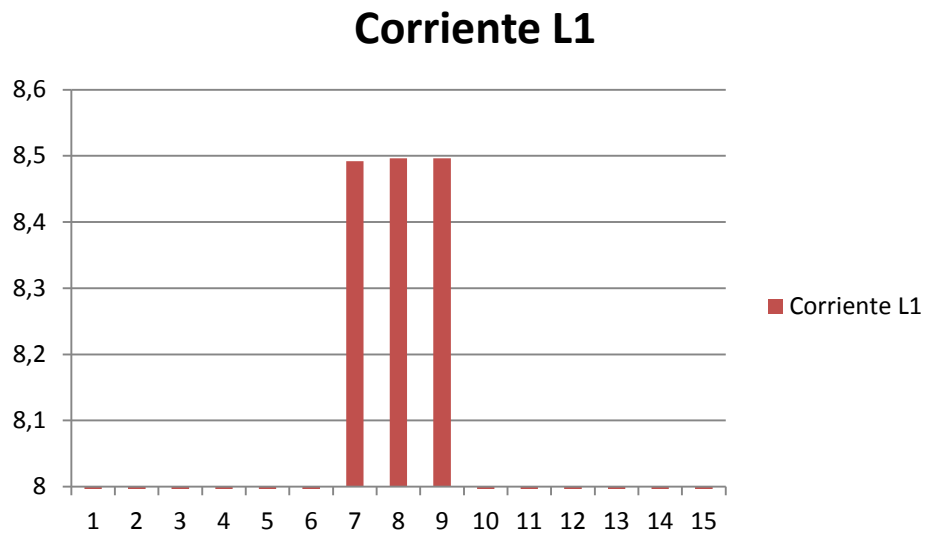


Figura 4.12 Variación de corriente en la casa sur.

La figura (4.12) indica la variación de la corriente en el momento que la cocina entra en funcionamiento.

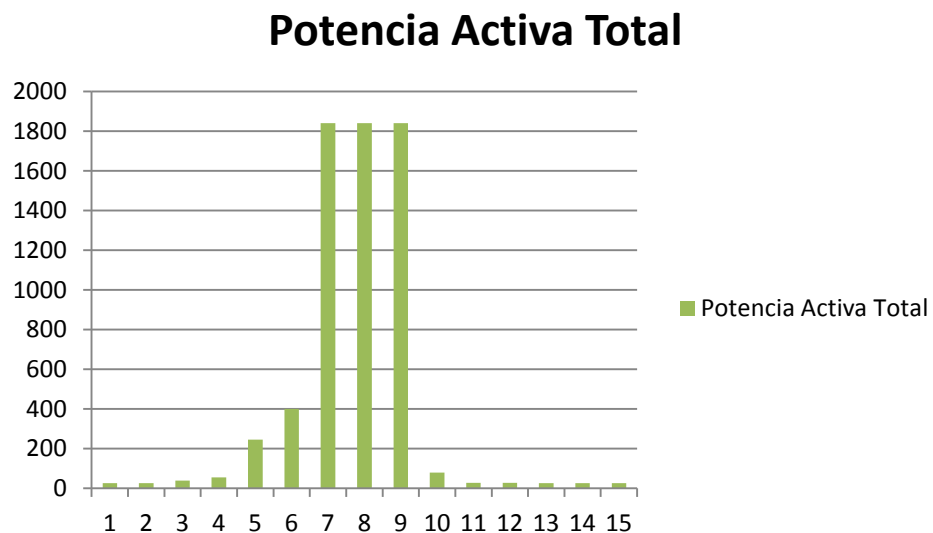


Figura 4.13 Potencia constante en el momento de trabajo de la cocina.

La figura (4.13) presenta la potencia como permanece constante en su nivel de trabajo.

Conclusión.

En los tres sectores de la ciudad existen diferentes niveles de voltaje de distribución, estos voltajes alimentan a la cocina, en la cual podemos concluir que el voltaje no afecta a la eficiencia en el calentamiento de 1 litro de agua a 90 °C en un tiempo no mayor de cuatro minutos.

La siguiente figura (4.14) muestra la variación de voltaje medidos en los tres sectores de la ciudad.

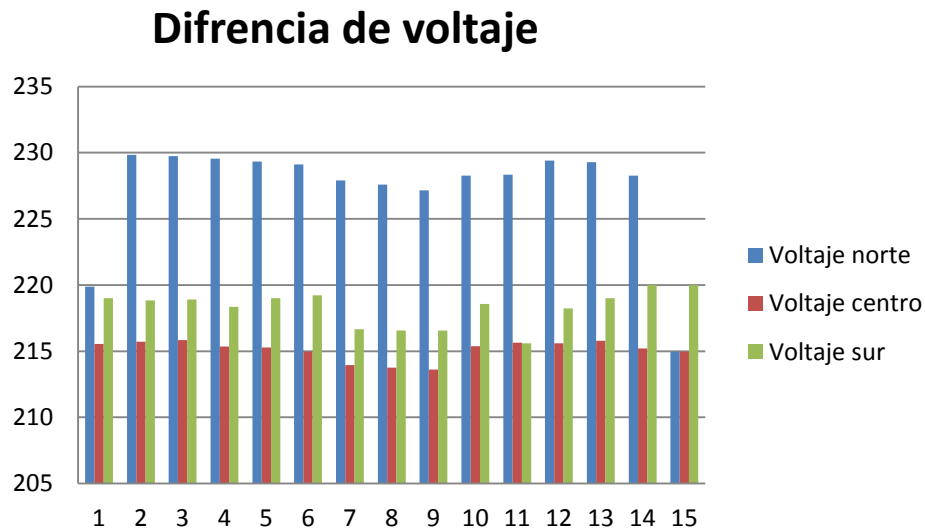


Figura 4.14 Diferencia de voltaje en la red [fuente propia de autor]

En la figura (4.15) muestra el consumo de corriente para cada sector con referencia al voltaje.

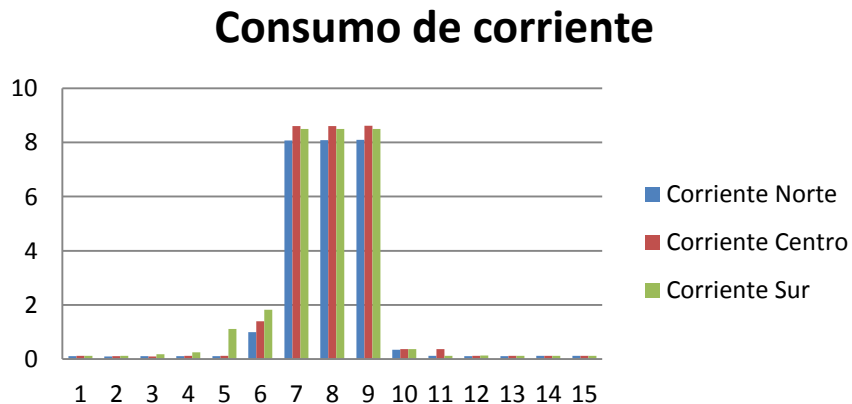


Figura 4.15 Consumo de corriente por sector [fuente propia del autor]

Como muestra la figura (4.16) la potencia de la cocina permanece constante mientras realiza su trabajo los niveles bajos pertenece a la manipulación del control de potencia.

Potencia constante al mismo nivel de cocina

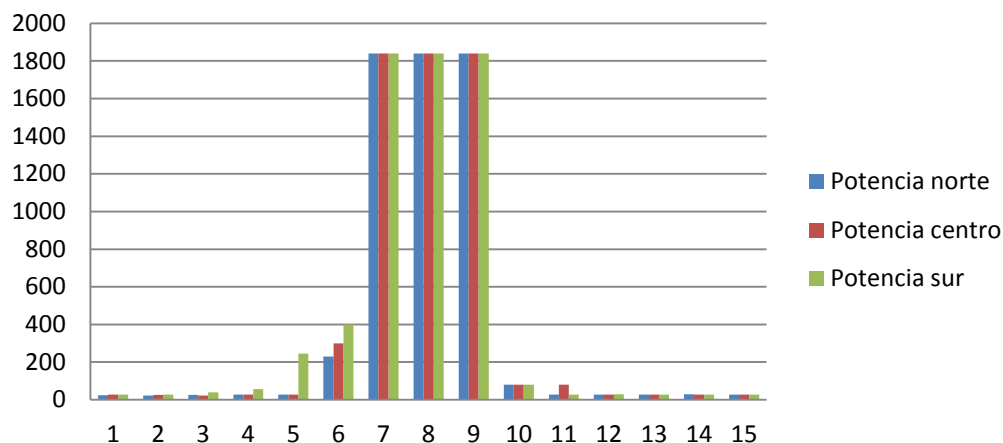


Figura 4.16 Representación de la potencia consumida [fuente propia del autor]

La siguiente tabla (4.9) muestra las variaciones del nivel de potencia en la cocina que no tiene un limitador o regulador de regulador de potencia, lo cual nos indica que su potencia máxima con los cuatro inductores es mayor a los 4000 vatios de limitación que tienen las cocinas que ofrece el estado.

Tabla 4.9 Potencia Consumida de una cocina [Fuente propia del autor]

Fecha	Hora	Tensión L12	Corriente L1	Potencia Activa Total
07/02/2015	13:42	219,07	0,12087299	26,667
07/02/2015	13:43	219,01	0,12099914	26,667
07/02/2015	13:44	218,72	0,12118609	26,667
07/02/2015	13:45	218,85	0,1210266	26,667
07/02/2015	13:46	219,52	0,12126324	26,667
07/02/2015	13:47	219,31	0,12109254	26,667
07/02/2015	13:48	219,84	0,12172821	26,667
07/02/2015	13:49	219,97	0,2436298	53,333
07/02/2015	13:50	220,25	0,24351856	53,333
07/02/2015	13:51	220,02	0,48728643	106,667

07/02/2015	13:52	220,06	0,48706393	106,667
07/02/2015	13:53	220,07	0,48779897	106,667
07/02/2015	13:54	220,2	0,48802214	106,667
07/02/2015	13:55	220,37	0,609383	133,333
07/02/2015	13:56	220,31	0,61008007	133,333
07/02/2015	13:57	220,25	0,60818775	133,333
07/02/2015	13:58	220,71	0,85208837	186,667
07/02/2015	13:59	220,66	0,85232181	186,667
07/02/2015	14:00	220,79	0,85158303	186,667
07/02/2015	14:01	220,62	1,21449652	266,667
07/02/2015	14:02	220,39	1,21599179	266,667
07/02/2015	14:03	220,05	1,21732402	266,667
07/02/2015	14:04	220,34	1,21721289	266,667
07/02/2015	14:05	219,91	1,82915676	400
07/02/2015	14:06	220,22	1,83133413	400
07/02/2015	14:07	219,07	2,19148062	480
07/02/2015	14:08	218,91	2,56445482	560
07/02/2015	14:09	219,01	2,57234727	560
07/02/2015	14:10	218,9	3,55441007	773,333
07/02/2015	14:11	219	3,55294037	773,333
07/02/2015	14:12	218,67	3,55555402	773,333
07/02/2015	14:13	218,57	5,17751479	1120
07/02/2015	14:14	218,8	5,17321016	1120
07/02/2015	14:15	218,55	5,17225455	1120
07/02/2015	14:16	219,23	5,16509869	1120
07/02/2015	14:17	219,07	0,12285543	26,667
07/02/2015	14:18	219,01	0,12363004	26,667
07/02/2015	14:19	219,2	0,12334413	26,667
07/02/2015	14:20	219,57	0,12335554	26,667
07/02/2015	14:21	219,3	0,12316752	26,667
07/02/2015	14:22	219,06	0,12332131	26,667
07/02/2015	14:23	219,08	5,18806744	1120
07/02/2015	14:24	218,68	5,18566534	1120
07/02/2015	14:25	218,42	5,18638574	1120
07/02/2015	14:26	219,03	8,51300083	1840
07/02/2015	14:27	218,37	8,509064	1840
07/02/2015	14:28	217,7	11,1265647	2400
07/02/2015	14:29	217,57	11,1095681	2400
07/02/2015	14:30	217,66	10,8096504	2346,667
07/02/2015	14:31	217,5	10,8221131	2346,667
07/02/2015	14:32	216,32	17,025214	3680

07/02/2015	14:33	216,5	16,9366716	3680
07/02/2015	14:34	216,54	16,3376447	3600
07/02/2015	14:44	216,84	16,4706254	3626,667
07/02/2015	14:45	217,06	16,4594127	3626,667
07/02/2015	14:46	215,7	23,3705703	5146,667
07/02/2015	14:47	216,2	23,3971314	5146,667
07/02/2015	14:48	216,18	23,6839671	5120
07/02/2015	14:49	216,51	23,6478685	5120
07/02/2015	14:50	216,24	23,5540742	5093,333
07/02/2015	14:51	215,88	22,9757273	4960
07/02/2015	14:52	215,98	23,0885591	4986,667
07/02/2015	14:53	215,95	23,0917666	4986,667
07/02/2015	14:54	216,14	22,9480892	4960
07/02/2015	14:55	216,24	23,0607982	4986,667
07/02/2015	14:56	215,7	24,1075568	5200
07/02/2015	14:57	216,03	23,330093	5040
07/02/2015	14:58	217,09	17,9341886	3893,333
07/02/2015	14:59	216,84	21,0293304	4560
07/02/2015	15:00	216,15	23,4405135	5066,667
07/02/2015	15:01	217,28	18,7776141	4080
07/02/2015	15:02	220,35	0,1210211	26,667
07/02/2015	15:03	220,19	0,12110904	26,667
07/02/2015	15:04	220,34	0,1210266	26,667
07/02/2015	15:05	220,22	0,12109254	26,667
07/02/2015	15:06	219,97	0,12123017	26,667

La figura nos presenta el consumo de corriente en el funcionamiento de la cocina, la corriente máxima consumida es de 23,68 amperios.

Corriente L1

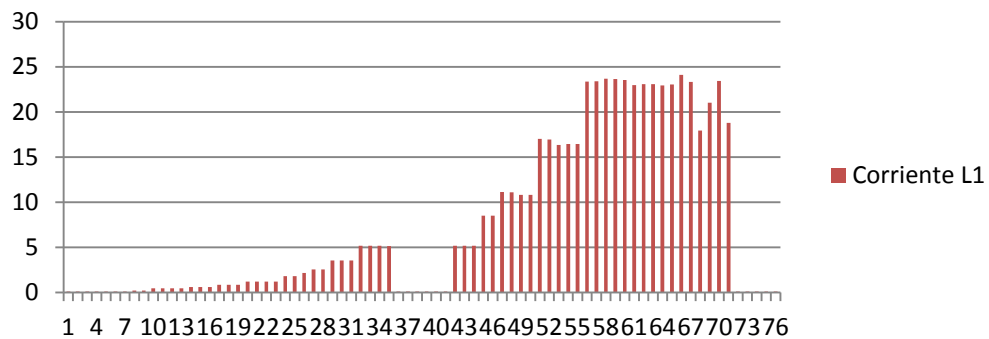


Figura 4.17 Variación de la corriente de consumo [fuente propia del autor]

4.3 Identificación de los efectos de las variaciones del voltaje en el desempeño de las cocinas de inducción.

Por desempeño se refiere a que una máquina tendrá un nivel de desempeño según los resultados obtenidos para lo que fue creada, es por esto que se le somete a diferentes condiciones ambientales, técnicas para verificar que cambios sufren en el momento de realizar su trabajo, uno de los parámetros técnicos que fue sometido la cocina de inducción la variación del voltaje de entrada hacia la cocina identificando que sucede con los demás parámetros que lo acompañan tales como corriente y potencia.

Las pruebas realizadas en los sectores de la ciudad demuestran que la eficiencia de la cocina no varía al tener diferentes rangos de alimentación, estos niveles de voltaje están dentro las regulación del CONELEC 04/001. Por tanto un efecto de eficiencia no se presenta.

La corriente y el voltaje varían inversamente esto quiere decir a menor voltaje más corriente de consumo, mayor voltaje menor corriente de consumo.

Los variación de voltaje al estar la cocina en funcionamiento oscila en un nivel no mayor a tres voltios y permanece oscilando al realizar un cambio de nivel de potencia, tabla (4.9) se refiere a una situación normal de trabajo y de variaciones de potencia a las cuales estarán sometidas las cocinas en un ambiente normal.

Tabla 4.10 Valores medidos en trabajo normal de la cocina y variaciones de potencia

Fecha	Hora	Tensión L12	Corriente L1	Potencia Activa Total
07/02/2015	13:42:25.451	219,07	0,12087299	26,667
07/02/2015	13:43:25.451	219,01	0,12099914	26,667
07/02/2015	13:44:25.451	218,72	0,12118609	26,667
07/02/2015	13:45:25.451	218,85	0,1210266	26,667
07/02/2015	13:46:25.451	219,52	0,12126324	26,667
07/02/2015	13:47:25.451	219,31	0,12109254	26,667
07/02/2015	13:48:25.451	219,84	0,12172821	26,667
07/02/2015	13:49:25.451	219,97	0,2436298	53,333
07/02/2015	13:50:25.451	220,25	0,24351856	53,333
07/02/2015	13:51:25.451	220,02	0,48728643	106,667

07/02/2015	13:52:25.451	220,06	0,48706393	106,667
07/02/2015	13:53:25.451	220,07	0,48779897	106,667
07/02/2015	13:54:25.451	220,2	0,48802214	106,667
07/02/2015	13:55:25.451	220,37	0,609383	133,333
07/02/2015	13:56:25.451	220,31	0,61008007	133,333
07/02/2015	13:57:25.451	220,25	0,60818775	133,333
07/02/2015	13:58:25.451	220,71	0,85208837	186,667
07/02/2015	13:59:25.451	220,66	0,85232181	186,667
07/02/2015	14:00:25.451	220,79	0,85158303	186,667
07/02/2015	14:01:25.451	220,62	1,21449652	266,667
07/02/2015	14:02:25.451	220,39	1,21599179	266,667
07/02/2015	14:03:25.451	220,05	1,21732402	266,667
07/02/2015	14:04:25.451	220,34	1,21721289	266,667
07/02/2015	14:05:25.451	219,91	1,82915676	400
07/02/2015	14:06:25.451	220,22	1,83133413	400
07/02/2015	14:07:25.451	219,07	2,19148062	480
07/02/2015	14:08:25.451	218,91	2,56445482	560
07/02/2015	14:09:25.451	219,01	2,57234727	560
07/02/2015	14:10:25.451	218,9	3,55441007	773,333
07/02/2015	14:11:25.451	219	3,55294037	773,333
07/02/2015	14:12:25.451	218,67	3,55555402	773,333
07/02/2015	14:13:25.451	218,57	5,17751479	1120
07/02/2015	14:14:25.451	218,8	5,17321016	1120
07/02/2015	14:15:25.451	218,55	5,17225455	1120
07/02/2015	14:16:25.451	219,23	5,16509869	1120
07/02/2015	14:17:25.451	219,07	0,12285543	26,667
07/02/2015	14:18:25.451	219,01	0,12363004	26,667
07/02/2015	14:19:25.451	219,2	0,12334413	26,667
07/02/2015	14:29:44.847	219,57	0,12335554	26,667
07/02/2015	14:30:44.847	219,3	0,12316752	26,667
07/02/2015	14:31:44.847	219,06	0,12332131	26,667
07/02/2015	14:32:44.847	219,08	5,18806744	1120
07/02/2015	14:33:44.847	218,68	5,18566534	1120
07/02/2015	14:34:44.847	218,42	5,18638574	1120
07/02/2015	14:35:44.847	219,03	8,51300083	1840
07/02/2015	14:36:44.847	218,37	8,509064	1840
07/02/2015	14:37:44.847	217,7	11,1265647	2400
07/02/2015	14:38:44.847	217,57	11,1095681	2400
07/02/2015	14:39:44.847	217,66	10,8096504	2346,667
07/02/2015	14:40:44.847	217,5	10,8221131	2346,667
07/02/2015	14:41:44.847	216,32	17,025214	3680

07/02/2015	14:42:44.847	216,5	16,9366716	3680
07/02/2015	14:43:44.847	216,54	16,3376447	3600
07/02/2015	14:44:44.847	216,84	16,4706254	3626,667
07/02/2015	14:45:44.847	217,06	16,4594127	3626,667
07/02/2015	14:46:44.847	215,7	23,3705703	5146,667
07/02/2015	14:47:44.847	216,2	23,3971314	5146,667
07/02/2015	14:48:44.847	216,18	23,6839671	5120
07/02/2015	14:49:44.847	216,51	23,6478685	5120
07/02/2015	14:50:44.847	216,24	23,5540742	5093,333
07/02/2015	14:51:44.847	215,88	22,9757273	4960
07/02/2015	14:52:44.847	215,98	23,0885591	4986,667
07/02/2015	14:53:44.847	215,95	23,0917666	4986,667
07/02/2015	14:54:44.847	216,14	22,9480892	4960
07/02/2015	14:55:44.847	216,24	23,0607982	4986,667
07/02/2015	14:56:44.847	215,7	24,1075568	5200
07/02/2015	14:57:44.847	216,03	23,330093	5040
07/02/2015	14:58:44.847	217,09	17,9341886	3893,333
07/02/2015	14:59:44.847	216,84	21,0293304	4560
07/02/2015	15:00:44.847	216,15	23,4405135	5066,667
07/02/2015	15:01:44.847	217,28	18,7776141	4080
07/02/2015	15:02:44.847	220,35	0,1210211	26,667
07/02/2015	15:03:44.847	220,19	0,12110904	26,667
07/02/2015	15:04:44.847	220,34	0,1210266	26,667
07/02/2015	15:05:44.847	220,22	0,12109254	26,667
07/02/2015	15:06:44.847	219,97	0,12123017	26,667

Las figuras representan el cambio de cada parámetro que sucedió para mantener la potencia requerida por el usuario de la cocina.

Tensión L12

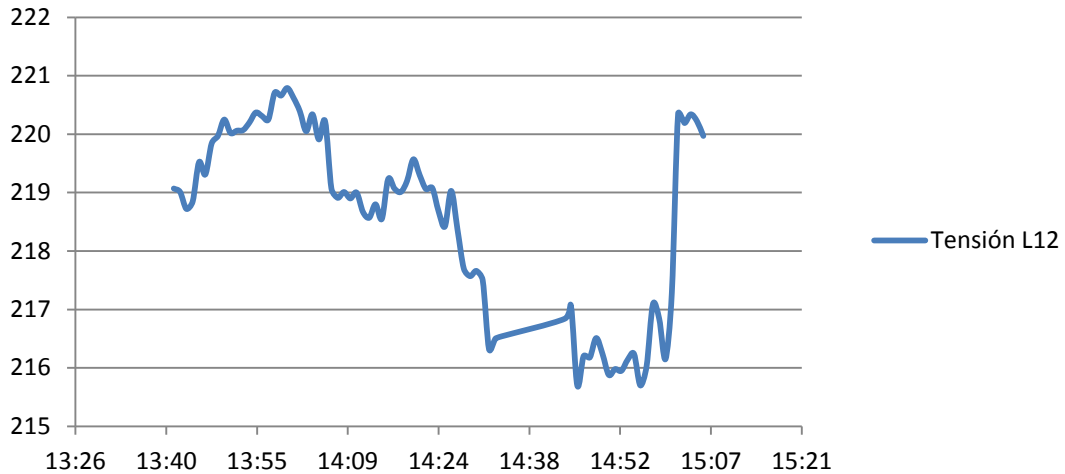


Figura 4.18 Variación del voltaje. [Fuente propia del autor]

Como lo demuestra la figura (4.14) el rango de variación del voltaje suministrado por la red es de aproximadamente 5 voltios los cuales a la eficiencia de la cocina no causo ningún efecto.

A continuación en la figura (4.15) representamos el comportamiento de la corriente frente a las variaciones del voltaje y los niveles de potencia requeridos

Corriente L1

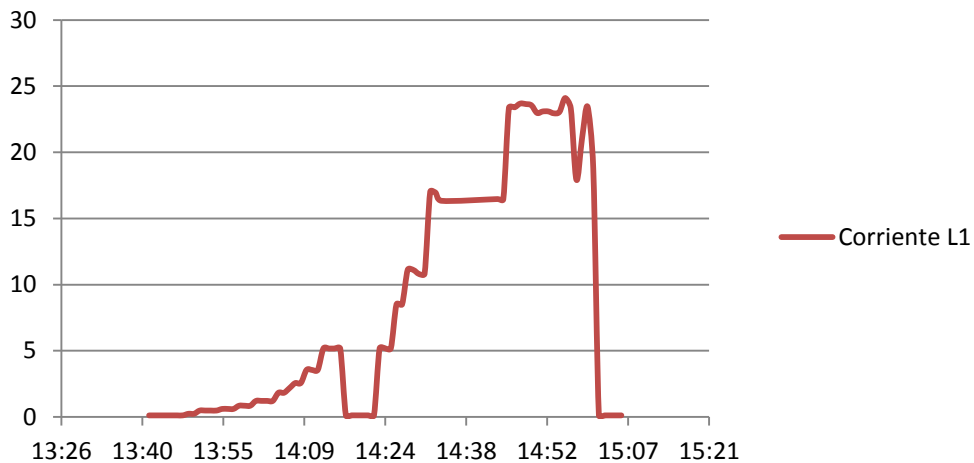


Figura 4.19 Comportamiento de la

4.4 Comparación de los efectos de la variación del voltaje en las cocina de inducción con respecto a los efectos en electrodomésticos resistivos e inductivos.

Todo elemento que trabaje con energía eléctrica está sometido a recibir el nivel de voltaje, siempre que el voltaje aplicado a los terminales de un equipo de utilización es diferente del voltaje nominal o de placa, el comportamiento y la vida del equipo también cambian. La magnitud de este cambio puede ser mayor o menor dependiendo del aparato, y de la magnitud de la variación del voltaje con respecto al voltaje nominal.

Como por ejemplo en las cocinas por resistencia, la entrada de energía y, por lo tanto, la salida de calor de los calentadores de resistencia varían aproximadamente con el cuadrado del voltaje. Así una caída del 10 % en voltaje causará una caída aproximada del 19 % en la salida de calor.

Como las pruebas en el laboratorio ha demostrado una variación de voltaje no afecta al desempeño de la cocina pero si al consumo de la corriente pues si la variación del voltaje es fuera de los niveles que regula el CONELEC esto ocasiona un consumo excesivo de corriente el cual genera saltos constantes de las protecciones que limita la corriente de consumo.

En la siguiente tabla (4.11) indica las variaciones de voltaje y de potencia que afectan a los equipos en comparación de la cocina de inducción.

Para lo cual utilizamos una parte de los datos medidos para compararlos con lo de la cocina de inducción.

Tabla 4.11 Cálculo de las potencias

	Voltaje	Corriente	Potencia C.I.	Cocina E.	Motor corriente	Potencia motor
14:19	219,2	0,12165602	26,667	0,19324155	16,9001119	3704,504529
14:20	219,57	0,12145102	26,667	0,19324155	16,9071028	3712,292562
14:21	219,3	0,12160055	26,667	0,19324155	16,89467453	3705,002125
14:22	219,06	0,12173377	26,667	0,19324155	16,80301607	3680,8687
14:23	219,08	5,11228775	1120	340,869565	16,81699787	3684,267893
14:24	218,68	5,12163892	1120	340,869565	16,82010494	3678,220547
14:25	218,42	5,12773556	1120	340,869565	16,84340794	3678,937161
14:26	219,03	8,40067571	1840	920	16,8604968	3692,954614
14:27	218,37	8,42606585	1840	920	16,75485654	3658,758022
14:28	217,7	11,0243454	2400	1565,21739	16,79369487	3655,987373
14:29	217,57	11,0309326	2400	1565,21739	16,79214134	3653,466191
14:30	217,66	16,9071028	3680	3680	16,81777464	3660,556827
14:31	217,5	16,9195402	3680	3680	16,79680194	3653,304421
14:32	216,32	17,0118343	3680	3680	16,76883834	3627,435109
14:33	216,5	16,9976905	3680	3680	16,776606	3632,1352
14:34	216,54	16,9945507	3680	3680	16,7742757	3632,301661
14:44	216,84	16,9710386	3680	3680	16,78903427	3640,534191
14:45	217,06	23,587948	5120	7123,47826	16,79680194	3645,913828
14:46	215,7	23,7366713	5120	7123,47826	16,75485654	3614,022555
14:47	216,2	23,6817761	5120	7123,47826	16,78048984	3627,941903
14:48	216,18	23,6839671	5120	7123,47826	16,8628271	3645,405963
14:49	216,51	23,6478685	5120	7123,47826	16,84340794	3646,766252
14:50	216,24	23,0607982	4986,667	6757,29559	16,78981104	3630,628739
14:51	215,88	23,0992542	4.987	6757,29559	16,87758567	3643,533194
14:52	215,98	23,0885591	4986,667	6757,29559	0	0
14:53	215,95	23,0917666	4986,667	6757,29559	0	0
14:54	216,14	22,9480892	4960	6685,21739	0	0
14:55	216,24	23,0607982	4986,667	6757,29559	0	0
14:56	215,7	24,1075568	5200	7347,82609	0	0
14:57	216,03	23,330093	5040	6902,6087	0	0
14:58	217,09	17,9341886	3893,333	4119,03311	0	0
14:59	216,84	21,0293304	4560	5650,43478	0	0
15:00	216,15	23,4405135	5066,667	6975,84633	0	0
15:01	217,28	18,7776141	4080	4523,47826	0	0

Comparación de voltajes

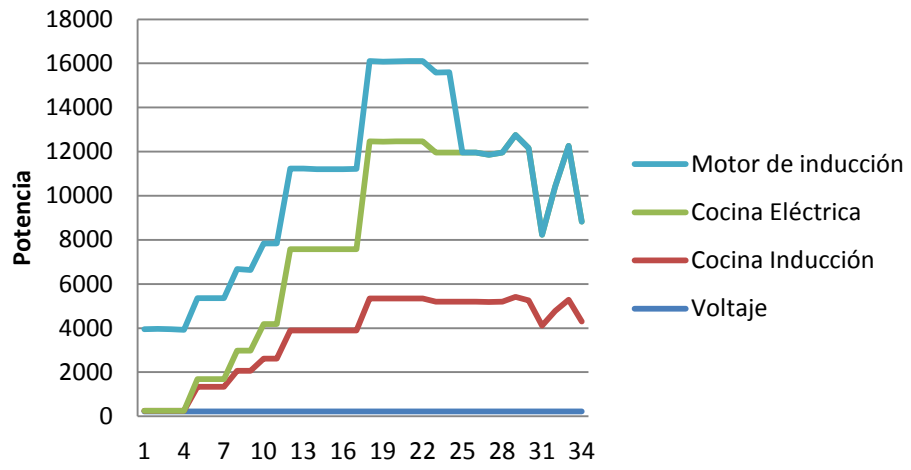


Figura 4.20 Diferencia de potencias.[Fuente propia del autor]

CONCLUSIONES.

- El desempeño de las cocinas de inducción no se altera si las variaciones del voltaje de la red eléctrica están dentro de los límites establecidos por los fabricantes; esto es, el rango de operación de 170 voltios a 300 voltios; rango de variación que es cumplido por las empresas eléctricas en conformidad con la Regulación CONELEC 04/001
- Para voltajes inferiores a los 170 voltios las cocinas de inducción emiten un mensaje de error de voltaje y se apagan automáticamente.
- La potencia de las cocinas de inducción se mantiene constante para variaciones de voltaje normalizadas. Este comportamiento es diferente al que se produce en las cocinas eléctricas, en que la potencia varía con el cuadrado del voltaje; y al de los motores de inducción en que la potencia varía con una función polinómica
- La eficiencia en el uso de las cocinas de inducción se ve disminuida si los utensilios de cocción (ollas) no son de las mismas dimensiones del inductor. Es así que al ser pequeños provoca que la cocina asuma no tener una olla dentro de su área de trabajo y emite mensajes de error y luego se apaga; en tanto que si las dimensiones son mayores, se presentan superficies en las cuales la inducción electromagnética no actúa, afectando al rendimiento.
- En los sectores residenciales en los cuales los niveles de voltaje son bajos, proporcionados por la red de distribución, existirá un mayor consumo de corriente eléctrica para estabilizar la potencia, como lo indica la tabla (4.9) este valor a gran escala será perjudicial a las redes de distribución.

RECOMENDACIONES.

- A las instituciones de normalización, a los diseñadores a los planificadores, para que en los diseños y en las guías de diseño, en las normas y en los modelos de carga para estudios de planificación y diseño, consideren el comportamiento lineal de la potencia eléctrica de la cocina de inducción.
- A la Universidad Politécnica Salesiana para que implemente un laboratorio que permita realizar investigaciones complementarias y pruebas con las cocinas de inducción que serán comercializadas en el país.
- A los responsables del Programa de Cocción Eficiente (PEC) para que fomenten en compañías de difusión sobre la correcta y eficiente utilización de las cocinas.

REFERENCIAS

- [1] G. Gonzalez (ConsultorPRFV/Composites), “Aplicaciones del calentamiento por induccion electromagnética en el procesamiento de PRFV,” pp. 1–8, 2005.
- [2] F. Semiconductor, “Induction Heating System Topology Review,” 2000.
- [3] “Ley de Faraday.” [Online]. Available: [http://laplace.us.es/wiki/index.php/Ley_de_Faraday_\(GIE\)](http://laplace.us.es/wiki/index.php/Ley_de_Faraday_(GIE)). [Accessed: 09-Feb-2015].
- [4] W. P. R. Ned Mohan, Tore M. Undeland, *ELECTRONICA DE POTENCIA*, Tercera ed. 2009, pp. 42–50.
- [5] R. C. Penso, “La Ley de Ampere.”
- [6] J. Iosu, “ESTUDIO TEÓRICO Y MODELACION POR ELEMENTOS FINITOS DE UNA MÁQUINA DE IMANES PERMANENTES,” Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales y Telecomunicaciones, 2011.
- [7] A. J. Barbero, “Inducción Electromagnética,” p. 1_5.
- [8] I. Ricardo and B. Sánchez, ““ Fundamentos de Electricidad y Magnetismo ,”” no. Corriente Parásitas, pp. 1–3.
- [9] M. Angel and R. (Universidad de C. D. I. E. y E. Pozueta, “AISLANTES Y MÁQUINAS ELÉCTRICAS,” p. 12.
- [10] J. Callebaut, “A PPLICATION N OTE,” *Cu0123*, no. December, pp. 1–5, 2011.
- [11] C. C. E. Antonio, “Diseño y Construcción de un prototipo de una Cocina de inducción Electromagnetica.,” 2009.
- [12] “Temperatura de curie - EcuRed.” [Online]. Available: http://www.ecured.cu/index.php/Temperatura_de_curie. [Accessed: 31-Oct-2014].

- [13] J. N. Hincapié, A. Trejos, M. E. Moncada, and A. Escobar, “Electrónica de potencia para el calentamiento por inducción doméstico: revisión del estado del arte,” *Ing. y Cienc.*, vol. 9, no. 18, pp. 237–262, 2013.
- [14] “Ecuador cambia.” [Online]. Available: <http://www.ecuadorcambia.com/>. [Accessed: 11-Feb-2015].
- [15] INDURAMA, *MANUAL DE INSTRUCCIONES PARA LA INSTALACIÓN Y USO*. pp. 1–24.
- [16] J. Salazar, “Estudio Técnico-Comparativo Para La Introducción De Cocinas Eléctricas De Inducción Magnética En El Ecuador,” 2010.
- [17] C. N. P. E. A. D. E. Conae, “Eficiencia en Calderas y Combustión,” *México*, no. 0155, p. 22, 2007.
- [18] J. P. M. (Gerente de P. Vizhñay and E. E. R. S. S.A.), “Revista Energética Interconexiones,” *Análisis de la incidencia del uso de cocinas eléctricas de inducción*, pp. 10–16, 2013.
- [19] Ing. Alberto Tama Franco (Asesor de la Gerencia de la Corporación Electrica de ECuador), “COCINA DE INDUCCIÓN VERSUS COCINA A GAS (GLP),” pp. 8–14, 2013.
- [20] “lasguíasfvs,” 2011.
- [21] MEER, “Programa de eficiencia energética.”
- [22] “www.ecuadorcambia.com.” [Online]. Available: www.ecuadorcambia.com.
- [23] J. B.-J.-V. B.-J. Brossa, *Eficiencia en el uso de la energía eléctrica*, Primera ed. Barcelona, 2011, pp. 111– 144.
- [24] J. K. & E. U. E. Dillard, *Electric Utility Engineering Reference Book: Vol. III: Distribution Systems*, First Edit. Pennsylvania, 1965.

- [25] P. J. T. H. Seymour, “Problemas En El Suministro Eléctrico.”
- [26] CONELC, *Regulación CONELEC 004/001*. p. 25.
- [27] U. de Q. R. Víctor Sánchez Huerta (División de Ciencias e Ingenierías, C. del B. Boulevard Bahía s/n esq. Ignacio Comonfort, and M. C. P. 77019) Chetumal, Quintana Roo, “Perturbaciones en la red eléctrica.” 165. [Online]. Available: <http://www.afinidadelectrica.com.ar/articulo.php?IdArticulo=165>.
- [28] S. Sumper, Andreas (BarcelonaTech, Institute for Energy Research and I. Baggini, Angelo (University of Bergamo, *Electrical Energy Efficiency*, Primera ed. 2012, pp. 125–164.
- [29] “Indurama - Cocinas de Inducción > Productos > Ver producto.” [Online]. Available: <http://www.indurama.com/induccion/Productos/Ver-producto/productid/172>. [Accessed: 20-Jan-2015].
- [30] Fulke, “Analizadores de Calidad Eléctrica de la Red y Analizadores de Potencia para aplicaciones de alto ancho de banda Ofrecemos una amplia gama de instrumentos para la evaluación de predictivo y registro a largo plazo en aplicaciones industriales y redes de.” p. 82.
- [31] Truper, “Instructivo multímetro digital,” Tijuana.
- [32] D. Multimeter, “Digital Multimeter.”

ANEXOS

Anexo A.

Se presentan las mediciones realizadas por el fluke 435 indica los valores medidos en los en las potencias de nivel más alto de las cocinas.

Fecha	Hora	Tensión L1	Tensión L2	Tensión L3	Tensión de N	Tensión de N	Tensión de N	Tensión de P
04/02/2015	19:14:44.375	212,27	213,65	214,07	211,82	213,65	214,22	310,7
04/02/2015	19:15:44.375	212,11	213,87	214,29	211,71	213,87	214,33	311,4
04/02/2015	19:16:44.375	212,26	213,55	214,14	212,31	213,55	214,18	311
04/02/2015	19:17:44.375	211,34	212,77	213,51	210,95	212,78	213,72	309,9
04/02/2015	19:18:44.375	210,27	211,54	212,22	209,45	211,54	212,51	307,6
04/02/2015	19:19:44.375	208,79	211,05	212,1	208,58	211,04	212,27	305,7
04/02/2015	19:20:44.375	208,8	210,95	212,11	208,42	210,95	212,39	305,9
04/02/2015	19:21:44.375	209,06	210,61	212,09	208,5	210,59	212,39	306,1
04/02/2015	19:22:44.375	207,92	210,82	212,5	207,42	210,84	212,93	304,2
04/02/2015	19:23:44.375	208,21	211,3	212,82	207,97	211,3	213,27	304,6
04/02/2015	19:24:44.375	210,37	211,75	212,74	210,05	211,74	213,05	307,5
04/02/2015	19:25:44.375	210,43	211,56	212,27	209,67	211,55	212,72	308
04/02/2015	19:26:44.375	209,76	212,09	214,31	209,41	212,09	214,41	306,9
04/02/2015	19:27:44.375	212,99	213,74	214,27	212,67	213,76	214,41	311,6

Tensión de P	Tensión de P	Corriente L1	Corriente L1	Corriente L1	Corriente de	Corriente de	Corriente de
312,6	313,5	0	1	3	0	1	4
312,9	313,8	0	1	3	0	1	4
312,5	313,4	0	1	3	0	1	4
311,5	336,7	0	1	3	0	1	6
309,9	311,3	5	5	6	4	5	7
309	310,6	5	5	6	5	5	7
309	310,8	5	5	6	5	5	6
308,4	310,5	5	5	6	5	5	7
309	311,3	5	5	6	5	5	6
309,6	312,1	1	3	6	0	3	7
310	311,8	0	1	4	0	1	4
309,5	310,9	0	1	3	0	1	4
310,2	313,5	0	1	3	0	1	4
312,5	313,5	0	1	2	0	1	4

Corriente de	Corriente de	Corriente de	Frecuencia N	Frecuencia N	Frecuencia N	Potencia Act	Potencia Act	Potencia Activa Total	Max
0	2	4	59,951	59,991	60,035	0	26,667	53,333	
0	2	4	59,949	59,983	60,026	-53,333	0	80	
0	2	4	59,993	60,019	60,056	-80	0	53,333	
0	2	80	59,987	60,01	60,032	0	26,667	186,667	
8	10	12	59,976	59,992	60,016	853,333	1093,333	1146,667	
8	10	12	59,974	59,987	60,005	1066,667	1093,333	1093,333	
8	10	12	59,955	59,989	60,018	1066,667	1066,667	1093,333	
8	10	14	59,931	59,959	60,016	1066,667	1093,333	1093,333	
8	10	12	59,975	60,012	60,035	1066,667	1066,667	1093,333	
2	4	12	59,956	59,998	60,049	26,667	320	1093,333	
0	2	6	59,971	59,995	60,045	26,667	26,667	53,333	
0	2	4	59,999	60,017	60,049	0	26,667	80	
0	2	4	59,961	60,009	60,068	0	26,667	53,333	
0	2	4	60,013	60,048	60,063	26,667	26,667	53,333	

Fecha	Hora	Tensión L12	Tensión L12	Tensión L12	Tensión de N	Tensión de N
07/02/2015	09:12:26.868	214,81	215,54	216,13	214,66	215,53
07/02/2015	09:13:26.868	215	215,71	216,41	214,86	215,71
07/02/2015	09:14:26.868	215,01	215,84	216,43	214,48	215,84
07/02/2015	09:15:26.868	213,81	215,35	216,08	213,58	215,36
07/02/2015	09:16:26.868	214,32	215,29	216,11	213,84	215,28
07/02/2015	09:17:26.868	213,79	214,97	215,97	213,28	214,95
07/02/2015	09:18:26.868	213,26	213,95	214,62	212,82	213,96
07/02/2015	09:19:26.868	213,12	213,77	214,33	213,01	213,77
07/02/2015	09:20:26.868	213,04	213,61	214,26	212,91	213,62
07/02/2015	09:21:26.868	213,41	215,39	216,22	213,28	215,37
07/02/2015	09:22:26.868	215,03	215,64	216,23	214,85	215,62
07/02/2015	09:23:26.868	215,05	215,6	216,14	214,95	215,61
07/02/2015	09:24:26.868	215,19	215,8	216,71	215,03	215,79
07/02/2015	09:25:26.868	214,48	215,21	215,99	214,33	215,22
07/02/2015	09:26:26.868	214,58	214,98	215,36	214,36	214,96

Corriente de	Corriente de	Corriente de	Corriente de	Corriente de	Corriente de	Frecuencia N
0	1	4	0	2	4	59,913
0	1	4	0	2	4	59,994
0	1	4	0	2	4	59,978
0	1	4	0	2	4	59,952
0	1	4	0	2	4	59,947
0	6	11	0	8	78	60,01
8	9	10	14	16	18	59,956
8	9	10	14	16	20	59,955
8	9	9	14	16	18	59,932
0	2	9	2	4	18	59,971
0	1	6	0	2	6	60,021
0	1	4	0	2	4	60,034
0	1	4	0	2	4	60,025
0	1	4	0	2	4	59,974
0	1	4	0	2	4	59,981

Frecuencia N	Frecuencia N	Potencia Act	Potencia Act	Potencia Act	VA full clásic	VA full clásic
59,953	59,995	0	26,667	53,333	26,667	53,333
60,024	60,055	-26,667	26,667	80	26,667	26,667
60,011	60,052	-26,667	26,667	53,333	26,667	26,667
59,99	60,042	-26,667	26,667	53,333	26,667	26,667
59,966	60,027	-53,333	0	53,333	26,667	26,667
60,032	60,046	-160	853,333	1893,333	26,667	880
59,982	60,011	1840	1866,667	1893,333	1866,667	1866,667
59,997	60,019	1813,333	1840	1866,667	1840	1866,667
59,961	59,981	1813,333	1840	1866,667	1840	1866,667
60,012	60,031	0	80	1866,667	133,333	186,667
60,039	60,071	0	26,667	80	26,667	80
60,05	60,077	0	26,667	53,333	26,667	53,333
60,043	60,059	0	26,667	53,333	26,667	53,333
60,001	60,039	0	26,667	53,333	26,667	53,333
59,993	60,014	0	26,667	53,333	26,667	53,333

VA full clásic	VAR Clás. To	VAR Clás. To	VAR Clás. To	PF Clásico To	PF Clásico To	PF Clásico To
80	26,667	26,667	53,333	-0,07	0,05	0,2
80	26,667	26,667	80	-0,04	0,05	0,23
80	26,667	26,667	80	-0,06	0,04	0,18
80	26,667	26,667	80	-0,05	0,04	0,2
80	26,667	26,667	80	-0,04	0,03	0,19
1893,333	-693,333	-106,667	80	-0,06	0,55	0,99
1893,333	-266,667	-240	-213,333	0,94	0,98	0,99
1893,333	-266,667	-240	-213,333	0,94	0,98	0,99
1866,667	-266,667	-240	-213,333	0,95	0,98	0,99
1866,667	-240	-133,333	-133,333	0,01	0,12	0,99
160	-160	-26,667	80	-0,03	0,08	0,27
80	26,667	26,667	53,333	-0,02	0,04	0,23
80	26,667	26,667	53,333	-0,01	0,08	0,29
80	26,667	26,667	80	-0,03	0,21	0,27
53,333	26,667	26,667	53,333	-0,02	0,06	0,15

Tensión de N	Tensión de P	Tensión de P	Tensión de P	Corriente L1	Corriente L1	Corriente L1
216,22	320,1	321,2	322,3	0	1	3
216,49	318,7	321,4	322,5	0	1	3
216,49	320,5	321,4	322,2	0	1	3
216,11	318,3	320,6	321,6	0	1	3
216,1	319,5	320,6	322,2	0	1	3
216,06	318,5	320,2	323,7	0	6	10
214,75	317,8	318,8	319,8	9	9	9
214,51	317,5	318,7	319,8	9	9	9
214,46	317,6	318,6	320	9	9	9
216,36	318,6	321,3	322,5	1	2	9
216,48	320,5	321,5	322,7	0	1	4
216,33	320,6	321,5	322,5	0	1	3
216,81	320,8	321,8	323	0	1	4
216,22	319,6	320,9	322	0	1	3
215,44	320	320,6	321,2	0	1	2

Fecha	Hora	Tensión L12	Tensión L12	Tensión L12	Tensión de N	Tensión de N
06/02/2015	18:21:34.309	214,98	216,75	217,35	214,94	216,74
06/02/2015	18:22:34.309	214,86	216,77	217,33	214,09	216,77
06/02/2015	18:23:34.309	214,84	216,84	217,43	214,61	216,86
06/02/2015	18:24:34.309	214,51	217,17	217,69	214,11	217,16
06/02/2015	18:25:34.309	215,57	217,4	217,78	215,29	217,39
06/02/2015	18:26:34.309	215,59	217,23	217,72	215,11	217,23
06/02/2015	18:27:34.309	213,83	216,04	217,05	213,36	216,04
06/02/2015	18:28:34.309	213,01	215,85	216,88	212,78	215,84
06/02/2015	18:29:34.309	213,27	214,82	215,6	212,83	214,83
06/02/2015	18:30:34.309	214,12	215,17	215,67	213,64	215,17
06/02/2015	18:31:34.309	212,54	215,72	216,75	211,84	215,71
06/02/2015	18:32:34.309	214,62	215,89	216,56	214,27	215,9
06/02/2015	18:33:34.309	214,28	216,03	216,61	213,69	216,04
06/02/2015	18:34:34.309	214,27	215,48	216,15	214,02	215,49
06/02/2015	18:35:34.309	214,13	215,32	216,08	213,91	215,32
06/02/2015	18:36:34.309	213,98	215,22	215,98	213,52	215,21
06/02/2015	18:37:34.309	214,62	215,48	215,76	214,39	215,43

Tensión de N	Tensión de P	Tensión de P	Tensión de P	Corriente L1	Corriente L1	Corriente L1
217,41	316,6	318,3	319,1	0	1	4
217,37	315,8	318,2	319,4	0	1	3
217,47	315,5	318,2	319,1	0	1	3
217,77	315,6	318,4	319,3	0	1	3
217,81	316,2	318,4	319	0	1	3
217,82	316,1	318,2	319	0	2	7
217,08	313,7	316,6	318,2	6	6	7
216,95	312,6	316,8	318,2	6	6	7
215,61	313,3	315,4	316,4	6	6	7
215,72	314,4	315,8	316,9	6	6	7
216,79	312,4	316,5	318,1	1	4	7
216,66	314,9	316,9	318,1	0	1	3
216,71	314,7	317,1	318,1	0	1	3
216,23	314	316	317,1	0	1	3
216,1	313,8	315,6	316,7	0	1	3
216,05	313,5	315,4	316,6	0	1	3
215,81	314,4	315,6	316,2	0	1	3

Corriente de	Corriente de	Corriente de	Corriente de	Corriente de	Corriente de	Frecuencia N
0	1	4	0	2	4	59,938
0	1	4	0	2	4	59,939
0	1	4	0	2	4	59,959
0	1	4	0	2	4	59,939
0	1	4	0	2	4	59,991
0	2	7	0	4	32	59,994
6	6	7	10	12	14	59,978
6	6	7	10	12	14	59,949
6	6	7	10	12	14	59,938
6	6	8	10	12	14	59,943
0	4	7	2	6	14	59,96
0	1	5	0	2	6	59,933
0	1	4	0	2	4	59,96
0	1	4	0	2	4	59,955
0	1	4	0	2	4	59,938
0	1	4	0	2	4	59,941
0	1	4	0	2	4	59,954

Frecuencia N	Frecuencia N	Potencia Act	Potencia Act	Potencia Act	PF Clásico To	PF Clásico To
59,986	60,017	-26,667	26,667	80	-0,07	0,05
59,968	60,008	0	26,667	53,333	-0,04	0,04
59,981	60,012	0	26,667	53,333	-0,02	0,05
59,982	60,024	0	26,667	80	-0,06	0,05
60,015	60,059	-26,667	26,667	53,333	-0,03	0,04
60,03	60,063	-26,667	106,667	1333,333	-0,05	0,14
60,018	60,049	1280	1306,667	1333,333	0,89	0,96
59,996	60,039	1306,667	1306,667	1333,333	0,9	0,97
59,966	60,02	1306,667	1306,667	1333,333	0,91	0,97
59,981	60,007	1280	1306,667	1333,333	0,9	0,97
59,991	60,027	0	586,667	1333,333	0,02	0,47
59,976	60,029	0	26,667	80	-0,02	0,09
60,005	60,037	0	26,667	80	-0,03	0,06
60,005	60,035	0	26,667	53,333	-0,06	0,04
59,971	60,01	0	26,667	53,333	-0,04	0,06
59,965	59,993	0	26,667	80	-0,05	0,06
59,977	60,021	0	26,667	53,333	-0,02	0,06

PF Clásico To	Energía Activ	Energía Activ	Energía Activ	Energía Reac	Energía Reac	Energía Reac
0,19	0	0	0	0	0	0
0,22	0	0	0	0	0	0
0,19	0	0	0	0	0	0
0,24	0	0	0	0	0	0
0,21	0	0	0	0	0	0
0,98	0	0	0	0	0	0
0,98	0	0	0	0	0	0
0,98	0	0	0	0	0	0
0,98	0	0	0	0	0	0
0,98	0	0	0	0	0	0
0,98	0	0	0	0	0	0
0,98	0	0	0	0	0	0
0,16	0	0	0	0	0	0
0,24	0	0	0	0	0	0
0,24	0	0	0	0	0	0
0,36	0	0	0	0	0	0
0,2	0	0	0	0	0	0
0,18	0	0	0	0	0	0