

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

ESTUDIO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA Y GUIA DE REDISEÑO EN EL CONJUNTO RESIDENCIAL “EL MAGISTERIO” EN LA CIUDAD DE SANTO DOMINGO DE LOS COLORADOS

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

IVAN XAVIER REISANCHO SALGUERO

DIRECTOR: Dr. Ing. GABRIEL BENJAMÍN SALAZAR YÉPEZ

Quito, Octubre 2023

AVAL

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Iván Xavier Reisancho Salguero, bajo mi supervisión.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Gabriel B. Salazar Yépez', is written over a horizontal line.

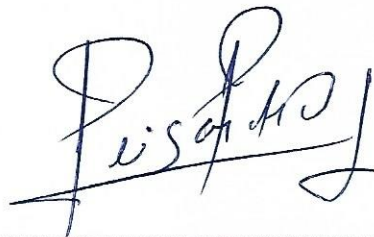
Dr. GABRIEL B. SALAZAR YÉPEZ

DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

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

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



Iván Xavier Reisancho Salguero

DEDICATORIA

A MIS AMADOS PADRES, ESPOSA, HIJAS Y HERMANO

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme la oportunidad de pertenecer a mi hermosa familia a la cual amo mucho, por darme el regalo más bello de mi vida, mis princesitas Ariannita y Kendrita, que junto a mi amada compañera de vida Kerlyn complementa mi felicidad.

Al Doctor Gabriel Benjamín Salazar Yépez, debido a su confianza durante la elaboración de este trabajo, ya que me supo guiarme en todo momento por su experiencia, conocimientos y calidad humana que lo caracteriza.

A Nelson y Genoveva, mis amados padres por ser la guía fundamental de mi existencia, ya que nada de lo que he hecho hasta ahora lo podría haber logrado sin su amor incondicional.

A mi amado hermano por estar siempre en mis momentos de desesperación eres mi guía desde que tengo uso de razón, siempre te he amado mi hermano del alma y te agradeceré por todos tus cuidados.

A todos y cada uno de mis compañeros de mi vida estudiantil, por su sincera amistad; aunque no estemos juntos siempre ocuparán un lugar especial en mi corazón, gracias de verdad por todo.

A la Sra. Paola Pineda, quien fue una de las múltiples personas que me han brindado su ayuda desinteresada durante todo mi proceso estudiantil.

ÍNDICE DE CONTENIDO

AVAL	I
DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	II
DEDICATORIA.....	III
AGRADECIMIENTO.....	IV
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	V
RESUMEN	VIII
ABSTRACT	IX
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 OBJETIVOS	1
1.1.1. OBJETIVO GENERAL	1
1.1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	1
1.2 ALCANCE	2
1.3 MARCO TEÓRICO.....	2
1.3.1. CALIDAD DE LA ENERGÍA.....	3
1.3.1.1. Regulación No ARCERNNR – 002/20 (Codificada)	3
1.3.2. CALIDAD DE PRODUCTO	4
1.3.2.1. Nivel de voltaje.....	4
1.3.2.2. Perturbación rápida de Voltaje (Flicker).....	5
1.3.2.3. Distorsión Armónica de voltaje	5
1.3.2.4. Factor de Potencia	6
1.3.2.5. Desequilibrio de voltaje	7
1.3.3. CARACTERÍSTICAS DE LA DEMANDA ELÉCTRICA	7
1.3.3.1. Carga instalada	7
1.3.3.2. Capacidad de carga o capacidad instalada.....	8
1.3.3.3. Demanda promedio.....	8
1.3.3.4. Curva de carga diaria	8
1.3.3.5. Factor de demanda	8
1.3.3.6. Factor de utilización	9
1.3.3.7. Factor de potencia	10
1.3.4. RTE INEN 069 (1R) “ALUMBRADO PÚBLICO [26]	10
1.3.5. REGULACIÓN NRO. ARCERNNR-007/23 [27]	11

1.3.5.1.	Definiciones:	11
1.3.6.	LUMINOTÉCNICA	15
1.3.6.1.	Definiciones	15
1.3.6.1.1.	Flujo luminoso	15
1.3.6.1.2.	Intensidad luminosa	15
1.3.6.1.3.	Iluminancia	16
1.3.6.1.4.	Luminancia	16
1.3.6.1.5.	Uniformidad	17
1.3.6.1.6.	Deslumbramiento	17
1.3.6.1.7.	Índice de reproducción cromática (IRC)	18
1.3.6.1.8.	Eficacia luminosa de una fuente	19
1.3.6.1.9.	Depreciación luminosa	19
1.3.6.2.	Sistema de iluminación	20
1.3.6.3.	Luminaria	20
1.3.6.4.	Lámparas	20
1.3.6.4.1.	Lámpara de Sodio	21
1.3.6.4.2.	Lámpara de Mercurio	21
1.3.6.4.3.	Lámpara Led	22
1.3.6.4.4.	Lámpara de Inducción	22
1.3.6.5.	REGULACION Nro. ARCERNNR-007/23 (Prestación del Servicio de Alumbrado Público)	23
1.3.7.	SOFTWARE DIALUX	23
1.3.8.	COCINAS DE INDUCCIÓN	23
2.	METODOLOGÍA	25
2.1.	LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN GENERAL EN LA CIUDADELA EL MAGISTERIO	26
2.2.	CÁLCULO DE DEMANDA-COCINAS DE INDUCCIÓN	29
2.3.	MEDICIONES PARA LA CALIDAD DEL PRODUCTO ELÉCTRICO	30
2.3.1.	NIVEL DE VOLTAJE	30
2.3.2.	PERTURBACIÓN RÁPIDA DE VOLTAJE (FLICKER)	30
2.3.3.	DISTORCIÓN ARMÓNICA DE VOLTAJE	31
2.3.4.	FACTOR DE POTENCIA	31
2.4.	CLASES DE ALUMBRADO Y PARÁMETROS FOTOMÉTRICOS POR VÍAS SEGÚN REGULACIÓN ARCERNNR 007-23	32
2.5.	MEDICIONES PARA ILUMINACIÓN DE ALUMBRADO PÚBLICO	34

2.5.1. NORMA INEN 069, EQUIVALENTE CIE 115-2000 ILUMINACIÓN EXTERIOR ALUMBRADO PÚBLICO	34
2.6. SIMULACIÓN DE ALUMBRADO PÚBLICO EN DIALUX.....	35
2.7. ALTERNATIVAS PARA MEJORAMIENTO DEL ALUMBRADO PÚBLICO	36
2.7.1. ALUMBRADO PÚBLICO ACTUAL	36
3. RESULTADOS Y DEBATE	37
3.1 LEVANTAMIENTO DE DATOS.....	37
3.2 INGRESO DE COCINAS DE INDUCCIÓN	42
3.3 CALIDAD DEL PRODUCTO EN LA CIUDADELA EL MAGISTERIO.....	43
3.3.1 EQUIPOS DE MEDICIÓN	43
3.3.2 MEDICIONES EN TRANSFORMADORES	44
3.4 ILUMINACIÓN EN LA CIUDADELA EL MAGISTERIO	49
3.4.1 ILUMINACIÓN PROMEDIO EN LAS CALLES Y ÁREAS COMUNALES ..	49
3.4.1.1 Mediciones de iluminación	49
3.4.1.2 Resultado del software DIALUX	50
3.4.1.3 Comparación de mediciones y DIALUX	52
3.4.1.4 Corrección de iluminación en DIALUX	53
3.4.1.5 Análisis técnico económico del incremento de luminarias o reemplazos	57
3.4.1.6 Selección de transformadores	66
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	72
4.1. CONCLUSIONES.....	72
4.2. RECOMENDACIONES	73
5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	74
ANEXOS	76

RESUMEN

En el trabajo descrito a continuación se darán recomendaciones, la posible solución y una guía de rediseño que podrían ser implementadas en el conjunto residencial “El Magisterio”, que dará como resultado un ahorro económico a los habitantes del conjunto, y garantizar la adecuada iluminación de las áreas comunales, provocando la mitigación de la inseguridad del sector a través de la optimización de los recursos energéticos.

Además, servirá como referencia para los futuros proyectos habitacionales similares, preservando el medio ambiente, mediante el uso adecuado de eficiencia energética.

Se efectúa el levantamiento de información del estado actual de las instalaciones eléctricas, demanda actual, por medio de analizadores de red y multímetros se recopiló la información de los transformadores, tales como: armónicos de voltaje, factor de potencia, voltaje. Con ayuda de un luxómetro se realizó mediciones de iluminación para identificar las áreas de poca luz en horario nocturno.

Mediante la información obtenida se efectuó un análisis de los niveles de iluminación del presente estado de las áreas comunales, como en las instalaciones eléctricas. Además, del análisis de la información obtenida por el equipo denominado analizador de red a través de índices de calidad de acuerdo a las normas.

Se efectúa una indagación sobre el control de energía y de la demanda del conjunto, además del análisis de la proyección de la demanda por equipos electrónicos y su incidencia para el futuro alimentador.

Finalmente se estableció la posible solución y la recomendación para una guía básica de implementación de eficiencia energética en alumbrado público.

PALABRAS CLAVE: analizador de red, control de energía, luxómetro, armónicos, factor de potencia.

ABSTRACT

This work presents recommendations, possible solutions and a redesign guide will be given that could be implemented in the "El Magisterio" residential complex, which will result in economic savings for the inhabitants of the complex, and guarantee adequate lighting in the areas. communal, causing the mitigation of insecurity in the sector through the optimization of energy resources.

In addition, it will serve as a reference for future similar housing projects, preserving the environment through the proper use of energy efficiency.

Information was collected on the current state of electrical installations, current demand, through network analyzers and multimeters, information on transformers was collected, such as: voltage, voltage and current harmonics, power factor. With the help of a lux meter, lighting measurements were made to identify areas of low light at night.

Using the information obtained, a study of current lighting levels in communal areas, such as in electrical installations, was carried out. In addition, the analysis of the information obtained by the network analyzers through quality indices according to the standards.

A study of energy control and the maximum demand of the set was carried out, in addition to the analysis of the projection of the demand for electronic equipment and its incidence for the future feeder.

Finally, the possible solution and the recommendation for a basic guide for the implementation of energy efficiency in public lighting were established.

KEYWORDS: network analyzer, energy control, lux meter, harmonics, power factor

1. INTRODUCCIÓN

La energía eléctrica actualmente es esencial, para el desarrollo de la vida humana, y mucho más la eficiencia energética, ya que a través de la misma se puede canalizar de mejor manera los recursos energéticos que tiene el planeta, para poder conservarlo para las futuras generaciones, razón por la cual es de suma importancia la implementación masiva de este tipo de estudios en todos los ámbitos posibles para garantizar la sostenibilidad del planeta.

El ahorro de energía es de interés para el sector eléctrico como para el presente estudio debido a su gran potencial de mejora en el conjunto residencial analizado.

Por lo cual tendrá vinculación con las normas ecuatorianas relativas a la eficiencia energética en general, sin embargo por la naturaleza misma de la ciudad como del sector donde se desarrolla éste estudio nos enfocaremos en la eficiencia de alumbrado público para la preservación de la vida humana, debido a incidentes de inseguridad vial como peatonal ya que sin la expresión de la humanidad en el planeta no existiría ningún motivo de indagación en ningún ámbito, como en el mencionado conjunto residencial. Por ende, se tendrá alternativas para la reducción en alumbrado público del consumo de energía en este sector.

Las tres opciones a ser consideradas como objetivo para reducir la energía son: La demanda; la sustitución de fuentes convencionales por otras alternativas más sostenibles; y finalmente la opción para que optimicen el rendimiento del sistema actual.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1. OBJETIVO GENERAL

Realizar el levantamiento de las instalaciones eléctricas actuales del conjunto residencial “el magisterio”, en la ciudad de Santo Domingo y en base a ésta realizar un estudio de mejora en la calidad de servicio e implementar un estudio de eficiencia energética.

1.1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Realizar la recopilación y verificación de información de las instalaciones eléctricas existentes en el conjunto residencial “El Magisterio” para la obtención de datos y su posterior análisis en el estudio de alumbrado público con eficiencia energética.

Realizar el análisis actual referente a la carga eléctrica, en el lado de bajo voltaje del transformador, como también de la determinación de la demanda actual e identificación de los posibles problemas energéticos.

Realizar el estudio de los puntos de iluminación de las áreas comunales de acuerdo al reglamento técnico ecuatoriano RTE INEN 069 o similar, para garantizar la adecuada iluminación de todas las áreas acorde a su funcionalidad.

Determinar tentativamente la capacidad del alimentador primario de la red pública que abastece al conjunto habitacional “El Magisterio”, cuya proyección de consumo de energía en los próximos años aumentará por cocinas de inducción y otros equipos electrónicos, lo cual servirá para evidenciar el abastecimiento o no del mencionado alimentador con la variación de la futura carga instalada.

Plantear una guía de solución para el uso adecuado de energía eléctrica tanto para el área de vivienda, como para las áreas comunales, cuya recomendación deberá ser mediante un análisis técnico-económico de los posibles equipos o aparatos a ser implementados, cuyas características deberán ser amigables con el ambiente.

1.2 ALCANCE

El presente escrito referente al estudio técnico explorará las alternativas de solución y emitirá la recomendación de eficiencia energética a ser implementada, referente a la realidad del conjunto habitacional “El Magisterio”, en la ciudad de Santo Domingo.

El estudio abarcará únicamente al conjunto residencial antes mencionado, cuya recomendación de solución con respecto a la eficiencia energética eléctrica podrá ser usado como referencia o guía para otros conjuntos habitacionales que posean características eléctricas semejantes.

1.3 MARCO TEÓRICO

El conjunto residencial el Magisterio al ubicarse en la ciudad de Santo Domingo, deberá encaminarse según las normas, leyes, reglamentos, como también de regulaciones tanto del sector eléctrico.

1.3.1. CALIDAD DE LA ENERGÍA

Se la puede definir como la energía eléctrica suministrada adecuada a los dispositivos y equipos que les permite mantener un servicio continuo, sin afectar su desempeño ni provocar fallas a sus componentes [1] . En otras palabras, un suministro de energía eléctrica de calidad es la ausencia de problemas que se pueden manifestar en voltaje, corriente o en frecuencia, produciendo fallas o un funcionamiento erróneo del equipo o reduciendo la vida útil de los dispositivos conectados.

1.3.1.1. Regulación No ARCERNNR – 002/20 (Codificada)

En Ecuador la Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales no Renovables (ARCERNNR) entidad de carácter técnico administrativo, encargada de regular, controlar, fiscalizar, auditar las actividades de los recursos energéticos naturales no renovables; encargada de precautelar y garantizar los intereses del consumidor. La cual entrega a las empresas eléctricas e instituciones del sector, como al público en general, información que permite cuantificar el desarrollo del sector eléctrico para reflejar sus estándares de calidad y accesibilidad.

La regulación vigente No ARCERNNR – 002/20 (Codificada) establece índices, indicadores y límites de calidad del servicio de distribución y comercialización de energía eléctrica. Además, define los procedimientos para medir, registrar y evaluar que deben ser cumplidas por las empresas eléctricas de distribución como también los consumidores [2].

“La calidad de la prestación del servicio de energía eléctrica se efectúa considerando los siguientes índices e indicadores” [2]:

- “Calidad del producto
 - Nivel de voltaje
 - Perturbaciones rápidas de voltaje (flicker)
 - Distorsión armónica de voltaje
 - Desequilibrio de voltaje
- Calidad del servicio técnico
 - Frecuencia de interrupciones a nivel global y por consumidor
 - Duración de interrupciones a nivel global y por consumidor
- Calidad del servicio comercial
 - Porcentaje de atención y conexión a nuevos suministros
 - Porcentaje de errores en la facturación
 - Tiempo promedio de resolución de reclamos
 - Porcentaje de restablecimiento de servicio

- Porcentaje de respuestas a consultas
- Satisfacción de consumidores” [2]

Todos los índices e indicadores mencionados anteriormente son aspectos que deben cumplir las empresas eléctricas distribuidoras [2].

1.3.2. CALIDAD DE PRODUCTO

La regulación vigente No ARCERNNR – 002/20 (codificada) establece las medidas para regular los niveles de voltaje, perturbaciones y factor de potencia [2].

1.3.2.1. Nivel de voltaje

“El nivel voltaje contempla el índice, el límite y cumplimiento del nivel de voltaje en el punto de medición” [2].

Índice:

$$\Delta V_K(\%) = \frac{V_K - V_n}{V_n} * 100 \quad (1.1)$$

Donde:

ΔV_K : Es la variación de voltaje en el punto de medición, en el intervalo k.

V_K : Es el voltaje de suministro en el punto k, determinado como el promedio de las medidas registradas (al menos cada 3 segundos) en un intervalo de 10 minutos.

V_n : Voltaje nominal en el punto de medición k.

Límites:

El rango de los voltajes que se pueden admitir, se detalla en la Tabla 1.1.

Tabla 1.1 Límites de para el índice de nivel de voltaje [2]

Nivel de Voltaje	Rango admisible
Alto Voltaje (Grupo 1 y Grupo 2)	± 5.0 %
Medio Voltaje	± 6.0 %
Bajo Voltaje	± 8.0 %

Para grupo 1 hace referencia a un voltaje mayor a 40 kV y menor o igual a 138 kV.

Para grupo 2 hace referencia a un voltaje mayor a 138 kV.

La empresa distribuidora cumple con el nivel de voltaje en el punto de medición cuando el 95% o más de sus registros de variaciones de voltaje, en todas y cada una de las fases,

durante su periodo de evaluación de al menos 7 días continuos, se encuentra dentro del rango admisible.

1.3.2.2. Perturbación rápida de Voltaje (Flicker)

Índice:

Se evalúa por medio del índice de severidad P_{st}, el cual, conforme a la norma IEC 61000-4-15 mide la severidad de las variaciones periódicas de amplitud de voltaje a corto plazo con un intervalo de medición de 10 minutos [2].

$$P_{ST} = \sqrt{0,0314P_{0,1} + 0,0525P_1 + 0,0657P_3 + 0,28P_{10} + 0,08P_{50}} \quad (1.2)$$

Donde:

P_{st}: Índice de severidad de flicker de corta duración.

P_{0,1}; P₁; P₃; P₁₀; P₅₀: Niveles de efecto Flicker que sobrepasan durante el 0,1%; 1%; 3%; 10%; 50% del tiempo total del intervalo de medición.

Límite:

El límite para el índice de severidad del flicker de corta duración P_{st} en el punto de medición no debe ser mayor a unidad.

De igual forma que el nivel de voltaje la empresa distribuidora cumple con el nivel de voltaje en el punto de medición cuando el 95% o más de sus registros de variaciones de voltaje, en todas y cada una de las fases, durante su periodo de evaluación de por lo menos 7 días continuos, es menor al límite establecido.

1.3.2.3. Distorsión Armónica de voltaje

Índices:

“Se evaluará la distorsión armónica individual de voltaje y la distorsión armónica total de voltaje con las siguientes expresiones” [2]

$$V_{h,k}^{\wedge} = \sqrt{\frac{1}{200} \sum_{i=1}^{200} (V_{h,i})^2} \quad (1.3)$$

$$DV_{h,k}^{\wedge} = \left(\frac{V_{h,k}^{\wedge}}{V_{h,1}} \right) * 100 [\%] \quad (1.4)$$

$$THD_k = \left(\frac{1}{V_{h,1}} \sqrt{\sum_{h=2}^{50} (V_{h,k})^2} \right) * 100[\%] \quad (1.5)$$

Donde:

$V_{h,k}$: Armónica de voltaje h en el intervalo k de 10 minutos.

$V_{h,i}$: Valor eficaz (rms) de la armónica de voltaje h (para $h=2,3,\dots,50$) medido cada 3 segundos ($i=1, 2,\dots,200$).

$DV_{h,k}$: Factor de distorsión individual de voltaje de la armónica h (para $h=2, 3,\dots,50$) en el intervalo k de 10 minutos.

THDk: Factor de distorsión armónica de voltaje.

$V_{h,1}$: Valor eficaz (rms) de la componente fundamental de voltaje en el punto de medición.

Límite:

“El límite máximo del factor de distorsión armónica individual de voltaje y del factor de distorsión armónica total de voltaje se detalla en la

Tabla 1.2

Tabla 1.2. Límites máximos de armónicos de voltaje (% del voltaje nominal)” [2].

Nivel de Voltaje	Factor de distorsión armónica individual (%)	THD (%)
Bajo Voltaje	5.0	8.0
Medio Voltaje	3.0	5.0
Alto Voltaje (Grupo 1)	1.5	2.5
Alto Voltaje (Grupo 2)	1.0	1.5

De similar manera la empresa distribidora cumple con los valores de la tabla precedente en distorsión armónica individual y THD en un punto de medición, cuando al menos el 95% de sus registros, en todas las fases y cada una de las fases, durante su periodo de evaluación de al menos 7 días continuos, son menores a los límites máximos establecidos.

1.3.2.4. Factor de Potencia

Índice:

En cuanto al índice para el factor de potencia, donde, si en el 5 % o más del periodo evaluado el valor del factor de potencia es inferior a los límites, el consumidor incumple con el índice de calidad [3].

Límite:

El valor mínimo es 0.92.

1.3.2.5. Desequilibrio de voltaje

Índice:

El desequilibrio en el punto de medición del sistema de distribución se determinará con la ecuación 1.6 [2].

$$Desequilibrio\ de\ voltaje = \left| \frac{V_-}{V_+} \right| * 100[\%] \quad (1.6)$$

Donde:

V-: Componente de secuencia negativa de voltaje, determinado como el promedio de las medidas registradas (al menos cada 3 segundos) en un intervalo de 10 minutos.

V+: Componente de secuencia positiva de voltaje, determinado como el promedio de las medidas registradas (al menos cada 3 segundos) en un intervalo de 10 minutos.

Límite:

El límite para el índice de desequilibrio de voltaje en el punto de medición será de 2% en todos los niveles de voltaje.

Cumplimiento del índice de desequilibrio de voltaje:

La distribuidora cumple con el índice de desequilibrio de voltaje en un punto de medición cuando el 95% o más de los valores registrados, en el período de evaluación no inferior a siete (7) días continuos, es menor al límite máximo establecido

1.3.3. CARACTERÍSTICAS DE LA DEMANDA ELÉCTRICA

1.3.3.1. Carga instalada

La carga instalada es la agregación de potencias nominales de todos los artefactos eléctricos que pertenecen o son parte de las instalaciones del consumidor. Hay que tener en cuenta que la carga instalada es siempre mayor a la capacidad instalada [4]. El valor de la carga instalada se expresa en kW.

1.3.3.2. Capacidad de carga o capacidad instalada

La capacidad de carga es la agregación de potencias nominales de generadores, transformadores que están conectados a los conductores que entregan la energía eléctrica a las cargas [4].

1.3.3.3. Demanda promedio

Es la cantidad de potencia que un abonado consume en un periodo de tiempo determinado. Se lo puede expresar en kW, kVA, kVAR. Dependiendo del valor que se necesite conocer el periodo de tiempo cambiara [4].

$$Demanda = \frac{Energía}{tiempo} = \frac{kWh}{h} = kW \quad (1.7)$$

1.3.3.4. Curva de carga diaria

Para obtener la curva de carga diaria se grafican los picos de consumo en un intervalo de una hora en un día. Esta curva es necesaria para analizar el comportamiento de un usuario y de su carga [4].

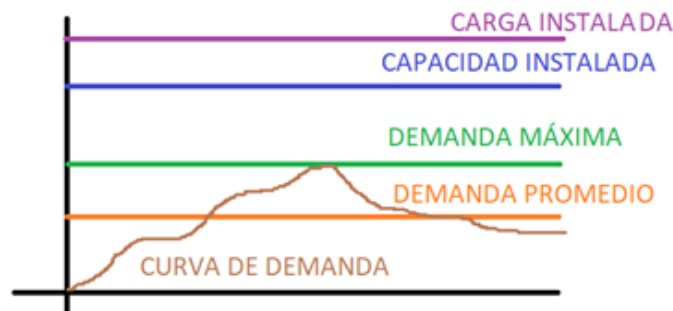


Figura 1.1. Grafica de curva de demanda, carga instalada y capacidad instalada
[ELABORACION PROPIA]

1.3.3.5. Factor de demanda

Para una carga en un intervalo de tiempo, es la razón de la demanda máxima y la carga total instalada [4]. Este valor es menor o igual a uno y teóricamente será igual a uno cuando todo equipo eléctrico esté conectado, funcionando y absorbiendo su potencia nominal [5].

Por lo tanto, el factor de demanda es un índice del grado que la carga opera simultáneamente, la cual también indica el porcentaje de utilización de 40 usuarios promedio que está en 38 a 50% para la muestra de 40 usuarios (Cálculo STO DMGO).

$$F_D = \frac{Demanda\ Maxima}{Carga\ Instalada} \leq 1 \quad (1.8)$$


ESTUDIOS DE CARGA Y DEMANDA					FECHA: 8-sep-23			
NOMBRE DEL PROYECTO:		CIUADELA EL MAGISTERIO						
ACTIVIDAD TIPO:		RESIDENCIAL						
LOCALIZACION:		SANTO DOMINGO -VIA CHONE 2,5km						
USUARIO TIPO:		TIPO C						
NUMERO DE VIVIENDAS:		40						
TRANSFORMADOR		CT2						
								
PLANILLA PARA LA DETERMINACIÓN DE DEMANDAS UNITARIAS DE DISEÑO								
No.	APARATOS ELÉCTRICOS Y DE ALUMBRADO				FFJUN (%)	CIR (W)	Fsn (%)	DMU (W)
	DESCRIPCIÓN	CANT.	Pn(W)	Pt(W)				
VIVIENDA								
1	Puntos de iluminacion interna 20 W	10	20	200	100%	200.00	70	140.0
2	Ventilador	1	150	150	100%	150.00	30	45.0
3	Televisor	1	150	150	100%	150.00	50	30.0
4	Equipo de sonido	1	150	150	100%	150.00	40	60.0
5	Aire acondicionado 18000 BTU	0	1800	0	100%	0.00	50	0.0
6	Refrigeradora	1	250	250	100%	250.00	80	200.0
7	Ducha electrica	1	3000	3000	100%	3,000.00	40	1200.0
8	Plancha	1	1000	1000	100%	1,000.00	20	200.0
9	Lavadora	1	1000	1000	100%	1,000.00	20	200.0
Total			7520.0	5900.0		5900.0		2075.0
Factor de potencia (FP) :		0.92		Factor de demanda (FDM):		0.35		
DMU:		2.26 kVA		Factor de diversidad (FD):		2.64		
Ti:		1.0 %						
Proyección :		10.0 años		DD=(# usuarios*DMUp)/FD				
DMUp :		2.49 kVA		DD=Demanda diseño requerid:		37.75 kVA		
Demanda Máxima Diversificada de Cocinas de Inducción								
Nci:		40		Factor de Coincidencia				
FCci:		0.34		FCci: 0.34				
DMUci:		2.4 kW						
DMDci:		21.21 kVA						
No.	CARGAS ESPECIALES GENERALES				FFJUN (%)	CIR (W)	Fsn (%)	DMU (W)
	DESCRIPCIÓN	CANT.	Pn(W)	Pt(W)				
10	Bomba de aguas 0,5 HP	1	373	373	100%	373	80	298
Total				373.0		373.0		298.4
Factor de potencia (FP) :		0.90		Factor de demanda (FDM):		0.8		
DMUp :		0.33 kVA						
DEMANDA REQUERIDA:				38.08 kVA				
DEPARTAMENTOS+CARGA GENERAL EDIFICIO								
CAPACIDAD DEL TRANSFORMADOR A INSTALARSE:				50 kVA				

Tabla 1.3.3.5 Cálculo de parámetros técnicos acorde a CNEL Santo Domingo.

1.3.3.6. Factor de utilización

“Es la relación entre la demanda máxima y la capacidad instalada. Este índice nos muestra la capacidad del sistema que se está usando durante el pico de carga en el periodo de tiempo de análisis” [5].

$$F_U = \frac{\text{Demanda Maxima}}{\text{Capacidad Instalada}} \quad (1.9)$$

1.3.3.7. Factor de potencia

“Corresponde a la razón entre la potencia activa (KW) y la potencia aparente (kVA)” [4].

$$F_p = \frac{\text{Potencia Activa}}{\text{Potencia Aparente}} \quad (1.10)$$

Este factor o índice nos muestra la cantidad de energía que se transforma en trabajo por lo cual da a conocer el porcentaje de pérdidas de energía [4]. Para Ecuador y su regulación el factor de potencia mínimo debe ser de 0.92 [2].

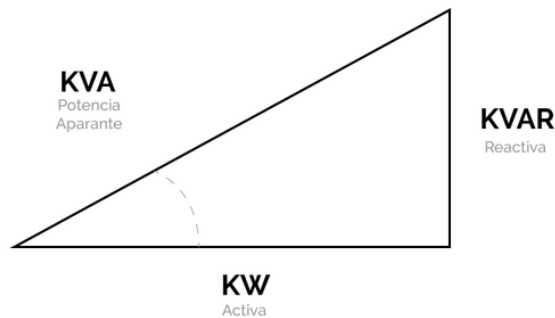


Figura 1.2. Triángulo de potencias

1.3.4. RTE INEN 069 (1R) “ALUMBRADO PÚBLICO [26]

CLASIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN	OBSERVACIÓN
[...]		
9405.40	- Los demás aparatos eléctricos de alumbrado:	
	-- Para el alumbrado de espacios o vías públicas:	
9405.40.11.00	--- Proyectores de luz	
9405.40.19.00	--- Los demás	- Equipos eléctricos para alumbrado público

Figura 1.2A Los productos contemplados en el presente reglamento técnico, se encuentran comprendidos en la siguiente clasificación arancelaria.

Las luminarias LED para alumbrado público objeto del presente reglamento deben cumplir con los requisitos establecidos en las normas IEC 60598-1, IEC-60598-2-3, EN 55015 o CISPR 15, IEC 61547, IEC 61000-3-2 e IEC 61000-3-3 conjuntamente vigentes, o sus adopciones equivalentes u otras normas internacionales equivalentes vigentes.

1.3.5. REGULACIÓN NRO. ARCERNNR-007/23 [27]

Esta es la regulación “Marco normativo para la prestación del servicio de alumbrado público general”, sustituye a la resolución Regulación Nro. ARCERNNR-006/20.

1.3.5.1. Definiciones:

a.- **Ángulo sólido:** Es el ángulo espacial que abarca un objeto visto desde un punto dado.

b.- **Alumbrado público:** Constituye la iluminación de vías y espacios públicos destinados a la movilidad, seguridad, ornamentación y deporte. El alumbrado público se clasifica en: alumbrado público general, alumbrado público ornamental y alumbrado público intervenido.

c.- **Alumbrado público general:** Comprende los sistemas de alumbrado de vías públicas, para tránsito de personas y vehículos, incluye también los sistemas de iluminación de escenarios deportivos de acceso y uso público, no cerrados, cubiertos o no, de propiedad pública o comunitaria, ubicados en los sectores urbanos y rurales. Excluye la iluminación de las zonas comunes de unidades inmobiliarias declaradas como propiedad horizontal, la iluminación pública ornamental e intervenida.

d.- **Alumbrado público intervenido:** Es la iluminación de vías que, debido a planes o requerimientos específicos de los gobiernos autónomos descentralizados, difieren de los niveles de iluminación establecidos por regulación, y/o requieren de una infraestructura constructiva distinta de los estándares establecidos para el alumbrado público general.

e.- **Alumbrado público ornamental:** Es la iluminación de zonas como parques, plazas, iglesias, monumentos y similares, que difiere de los niveles establecidos por regulación para alumbrado público general, dado que éstos obedecen a criterios estéticos determinados por el gobierno autónomo descentralizado correspondiente, o por el órgano estatal competente.

f.- **Activos del alumbrado público general:** Conjunto de equipos, entre estos: luminarias, (redes, transformadores y postes) exclusivos para el servicio de alumbrado público general, así como los equipos de control necesarios para la prestación del SAPG, que no formen parte del sistema de distribución de energía eléctrica.

g.- **Complejo deportivo:** Conjunto de escenarios deportivos conexos destinado a la práctica de uno o varios deportes, que pueden situarse en una zona común claramente definida.

h.-. **Consumidor no regulado:** Persona jurídica autorizada para conectar sus instalaciones a la red de distribución o de transmisión, mediante la suscripción de un contrato de conexión, a fin de abastecer sus requerimientos de energía y/o de potencia. Esta persona jurídica puede ser un gran consumidor o un consumo propio de un Autogenerador.

i.-. **Consumidor o usuario final:** Persona natural o jurídica que se beneficia con la prestación del servicio público de energía eléctrica, bien como propietario del inmueble en donde éste se presta, o como receptor directo del servicio.

j.-. **Deslumbramiento (TI):** Condición de visión en la cual existe incomodidad o disminución en la capacidad para distinguir objetos, debido a una inadecuada distribución o escalonamiento de luminancias, o como consecuencia de contrastes de luz.

k.-. **Escenario deportivo:** Es toda instalación construida o adecuada para la práctica de uno o varios deportes, incluye instalaciones para actividades bio saludables y sus vías de ingreso y egreso al escenario deportivo.

l. **Estándares de la infraestructura del alumbrado público general:** Especificaciones técnicas de materiales y equipos del SAPG, homologadas por el Ente Rector del Sector Eléctrico; así como los niveles de iluminación establecidos en la presente regulación.

m. **Factor de utilización del alumbrado público general (fu):** Es la relación entre el número de horas promedio que las luminarias de Alumbrado Público permanecen encendidas y el número total de horas en el periodo de análisis (24 horas diarias).

n. **Flujo luminoso (Φ):** Es la potencia emitida en forma de radiación luminosa a la que el ojo humano es sensible. Su símbolo es Φ y su unidad es el lumen [lm].

ñ. **Gestión del mantenimiento:** Todas las actividades que determinan los objetivos del mantenimiento, las estrategias, recursos técnicos, humanos y económicos necesarios y las responsabilidades; y, las realizan por medio de la planificación, control y supervisión del mantenimiento,

o. **Iluminancia (E):** Densidad del flujo luminoso que incide sobre una superficie. Su símbolo es E y puede ser expresada en lux [lx] o en lumen por metro cuadrado [lm/m^2].

p. **Intensidad luminosa (I):** Es el flujo luminoso emitido por unidad de ángulo sólido en una dirección concreta. Su símbolo es I y su unidad la candela [cd].

q. **Luminancia (L):** Es la relación entre la intensidad luminosa y la superficie vista por el ojo en una dirección determinada. Su símbolo es L y su unidad es la candela por metro cuadrado [cd/m^2].

r. **Luminancia promedio de la calzada (Lav):** Corresponde a la luminancia promedio que debe ser mantenida a lo largo de la vida útil de la instalación, y depende de la distribución de la luz de la luminaria, el flujo luminoso de las lámparas y de las propiedades de reflexión de la calzada.

s. **Mantenimiento:** Combinación de todas las acciones técnicas, administrativas y de gestión realizadas durante el ciclo de vida de un activo, destinadas a conservarlo o a devolverlo a un estado en el que pueda desempeñar su función.

t. **Mantenimiento correctivo:** Mantenimiento ejecutado después del reconocimiento de una avería, y destinado a llevar un elemento a un estado en el que pueda desarrollar una función requerida.

u. **Mantenimiento preventivo:** Mantenimiento ejecutado a intervalos predeterminados o de acuerdo con unos criterios prescritos, y destinado a reducir la probabilidad de falla o la degradación de un equipo o instalación.

v. **Plan de mantenimiento:** Conjunto estructurado de tareas que comprende las actividades, los procedimientos, los recursos y la duración necesaria para ejecutar el mantenimiento.

w. **Servicio de alumbrado público general:** Es el servicio prestado por las empresas distribuidoras para la iluminación de vías públicas para el tránsito de personas y vehículos. Excluye la iluminación de las zonas comunes de unidades inmobiliarias declaradas como propiedad horizontal y la iluminación pública ornamental e intervenida.

x. **Sistemas de seguridad ciudadana:** Sistemas públicos de vigilancia, conformados por cámaras destinadas a proporcionar seguridad a la ciudadanía, instalados y operados por instituciones públicas encargadas de la seguridad ciudadana.

y. **Sistema de semaforización:** Es el sistema conformado por los semáforos, sus cables de alimentación eléctrica, equipos de control y operación, sus postes metálicos, etcétera, instalados por el GAD, por la Policía Nacional o la Autoridad de Tránsito competente para control del flujo vehicular.

z. **Relación de alrededores (SR):** Es la relación de la iluminancia promedio en bandas de 5 m de ancho (o menor en espacios que no permite) cada una adyacente a los dos bordes de la calzada (fuera de la calzada) para la iluminancia promedio en bandas de 5 m de ancho (o la mitad del ancho si es inferior) dentro de la calzada. Para calzadas dobles, ambas calzadas deben ser tratadas conjuntamente como si fueran una única, a menos que estén separadas por más de 10 m.

a1. **Uniformidad general de luminancia de la calzada (U_o):** Es la relación entre la luminancia mínima y la luminancia promedio de la vía. Su valor depende de los mismos factores que inciden en la luminancia promedio

b1. **Uniformidad longitudinal sobre la calzada (U_L):** Es la relación entre la luminancia mínima y la luminancia máxima, medidas o calculadas en dirección longitudinal a lo largo del eje central de cada carril de circulación. El número de puntos y la distancia entre ellos deberán ser iguales a los utilizados para el cálculo de la luminancia promedio de la calzada. Se mide o se calcula de acuerdo con la norma CIE 140-2000.

c1. **Usuarios del servicio de alumbrado público general:** Son todas las personas que utilizan o se benefician del servicio de alumbrado público general.

d1. **Vía pública:** Son todas las vías de tránsito de personas y vehículos, de dominio y uso público, construidas para el uso y goce común, así como aquellas que no siendo de titularidad pública hayan sido declaradas de uso público por la autoridad competente.

e1. **Vida útil:** El intervalo de tiempo que bajo unas condiciones dadas comienza en un instante de tiempo determinado y termina cuando la tasa de fallos se hace inaceptable, o bien cuando el elemento se considera irreparable como resultado de una avería o bien de otros factores relevantes.

f1. **Zonas de conflicto:** Lugares donde existe un mayor potencial de colisión entre vehículos, y/o entre vehículos y objetos fijos, peatones, ciclistas u otros Usuarios que transiten por dichas áreas.

1.3.5.2 Alumbrado público y eficiencia

El alumbrado público, aproximadamente representa entre un 40% y un 60% del consumo total eléctrico de los países. Desafortunadamente, la eficiencia y calidad del servicio de alumbrado está muy lejos de ser la ideal.

1.3.5.3 Claves para aumentar la eficiencia del alumbrado

Renovación de lámparas: Uno de los puntos principales pasa por la renovación y posterior elección de lámparas más adecuadas y eficientes. Algunas alternativas pueden ser las de LED, por las de vapor de mercurio (VM), vapor de sodio de alta presión (VSAP), halogenuros (HM), fluorescentes compactas (FC).

Adecuación de luminarias: Dependiendo de la finalidad a las que estén destinadas, deberán elegirse aquellas que ofrezcan un mejor rendimiento. Para lograrlo, deben conducir la mayor cantidad de flujo posible hacia la zona que interese, evitando en la mayor medida de lo posible el flujo hacia el hemisferio superior. Así, se minimiza el impacto de la contaminación lumínica.

Por lo expuesto esto supondría ya no solo un ahorro energético, si no una reducción considerable de emisiones de CO₂ y un paso más hacia una energía más limpia.

1.3.6. LUMINOTÉCNICA

1.3.6.1. Definiciones

1.3.6.1.1. Flujo luminoso

Es la cantidad de energía luminosa emitida por segundo por una fuente de luz en todas las direcciones. La unidad del flujo luminoso es el lumen (lm), por lo tanto, el lumen es el flujo luminoso de una candela de intensidad en un estereorradián [6], [7].

$$lm = cd * sr \quad (1.11)$$

Donde:

Lm: Lumen

cd: Candela

sr: Estereorradián

1.3.6.1.2. Intensidad luminosa

“Es la relación entre el flujo luminoso [8] y el ángulo sólido que lo contiene. Su unidad es la candela (cd), la cual es la intensidad de una fuente de luz puntual que emite un flujo luminoso de un lumen en un ángulo sólido de un estereorradián” [8].

$$I = \frac{\text{Flujo Luminoso}}{\text{ángulo sólido}} = \frac{\Phi}{\Omega} \quad (1.12)$$

Donde:

Φ : Flujo luminoso [lm]

I: Intensidad Luminosa [cd]

Ω : Ángulo sólido [w] [6]

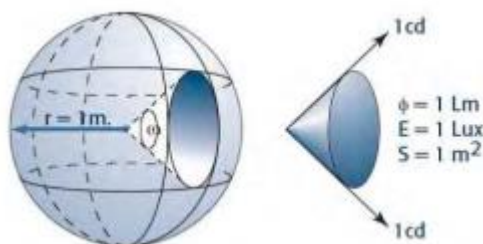


Figura 1.3. Representación de 1 candela [6]

1.3.6.1.3. Iluminancia

“Es la relación entre el flujo luminoso que recibe una superficie y su área. Su unidad es el lux(lm/m²), por lo tanto, la iluminancia de una superficie de un metro cuadrado que recibe un flujo luminoso de un lumen” [6].

$$E = \frac{\text{Flujo Luminoso}}{\text{Superficie}} = \frac{\phi}{S} \quad (1.13)$$

Donde:

E: Iluminancia

Φ : Flujo Luminoso [lm]

S: Superficie [m²]

1.3.6.1.4. Luminancia

Es la intensidad luminosa emitida en una dirección por una superficie emisora por unidad de área. Su unidad es la candela por metro cuadrado (cd/m²) [6].

$$L = \frac{I}{S \cdot \cos\beta} \quad (1.14)$$

Donde:

“L: Luminancia

I: Intensidad Luminosa [cd]

S: Superficie [m²]

β : = Ángulo al que se refleja” [6]

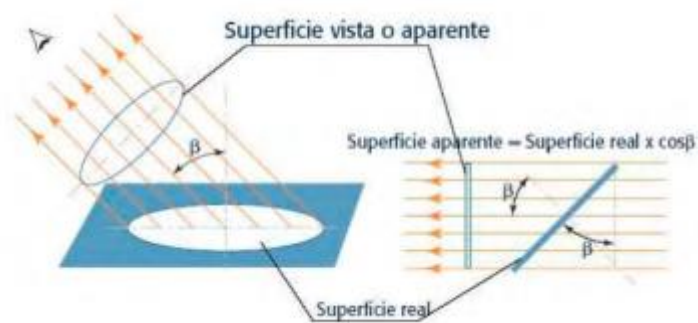


Figura 1.4. Representación de Luminancia [6]

1.3.6.1.5. Uniformidad

Es la característica por la que, a lo largo de la iluminación, este se mantiene conforme y/o de similar intensidad [7], [9]. La uniformidad tiene diferentes factores se muestran a continuación.

Uniformidad media: Razón entre iluminancia mínima y media.

$$Um = \frac{E_{min}}{E_{med}} \quad (1.15)$$

Uniformidad extrema: Razón entre iluminancia mínima y máxima.

$$Ue = \frac{E_{min}}{E_{max}} \quad (1.16)$$

Uniformidad longitudinal: Razón entre luminancia mínima y máxima longitudinales.

$$Ul = \frac{L_{min \text{ Longitudinal}}}{L_{max \text{ Longitudinal}}} \quad (1.17)$$

Uniformidad general: Razón entre luminancia mínima y media.

$$Uo = \frac{L_{min}}{L_{med}} \quad (1.18)$$

1.3.6.1.6. Deslumbramiento

El deslumbramiento produce una reducción de la aptitud ocular, por causa de una luminancia muy alta sobre el objeto o plano observado, o directamente sobre el ojo [8].

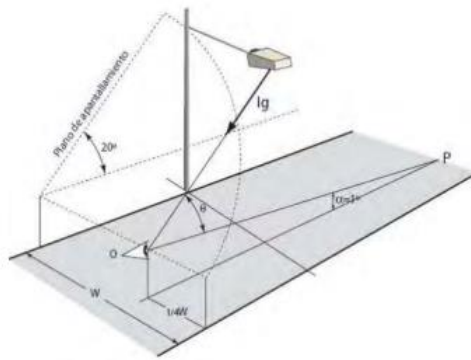


Figura 1.5. Deslumbramiento [6]

1.3.6.1.7. Índice de reproducción cromática (IRC)

El IRC es la virtud que tiene la fuente luminosa para producir colores de manera real, cuyo valor se lo compara con un referencial, que generalmente es la iluminación natural [10].

El valor del IRC varía entre 0 a 100, en donde, mientras más se acerque a 100 el color será más parecido al real. Este índice de reproducción cromática está dividido en diferentes grupos que se muestran en la Tabla 1.3.

Tabla 1.3. Índices de reproducción cromática [10]

“Grado	Índice (IRC)	Nivel de reproducción
1A	90 a 100	Excelente
1B	80 a 89	Muy bueno
2A	70 a 79	Bueno
2B	60 a 69	Moderado
3	40 a 59	Regular
4	Inferior a 40	Bajo”

La calidad cromática se refleja en la temperatura del color de una fuente de luz. Se debe tener en consideración a la temperatura del color, ya que varía desligado del índice de reproducción cromática [10]. En la Tabla 1.4 se detallan la temperatura de color de algunas fuentes de luz.

Tabla 1.4. Índices de reproducción cromática de fuentes de luz [10]

“Fuente luminosa	Temperatura de color (K)	IRC
Vapor de sodio de alta presión	1900-2200	25-70

Vapor de sodio de baja presión	1800	1
Vapor de mercurio de alta presión	4000-5000	40-60
Vapor de mercurio halogenuros metálicos	4000-6000	70-90
Fluorescentes	2700-7200	52-95
Lámpara de descarga de sodio	2900	Menos de 40
Lámpara incandescente normal	2400-2900	100
Lámpara incandescente halógena	3100-3200	100
Luz solar del día	6000	85 a 100
Llama de vela	1800	46 a 69"



Figura 1.6. Índice cromático de algunas lámparas [11]

1.3.6.1.8. Eficacia luminosa de una fuente

Es la razón que existe entre el flujo luminoso (lm) y la potencia que consume (W). El resultado que se obtiene da como rendimiento de una lámpara [8].

$$\eta = \frac{\phi \text{ [Lumenes]}}{\text{Potencia Consumida [W]}} \quad (1.19)$$

1.3.6.1.9. Depreciación luminosa

Es la disminución paulatina del flujo luminoso que brindan las lámparas esto por falla en los elementos complementarios, por envejecimiento o por fallos de otra índole. Hoy en día la depreciación más común es provocada por suciedad y por envejecimiento.

Según estudios el flujo luminoso se reduce progresivamente con el paso del tiempo y se debe al modelo de lámpara y balastro usado [12].

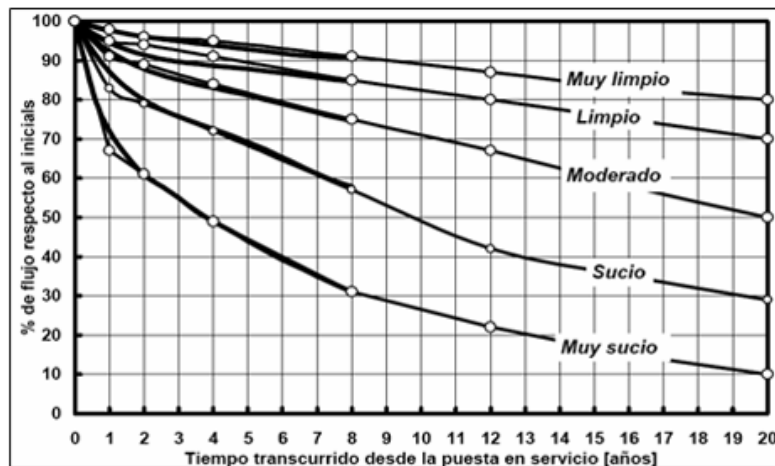


Figura 1.7. Reducción de vida útil en luminarias del alumbrado público [12]

1.3.6.2. Sistema de iluminación

Es un conjunto de elementos que han sido diseñados para ofrecer una visibilidad clara para actividades definidas. Un buen diseño de iluminación se da al seleccionar luminarias y lámparas adecuadas, las cuales son las encargadas de proporcionar el nivel de iluminación adecuado para una tarea específica, además de buscar optimizar el uso de la energía y de reducir el costo operativo [13], [8].

1.3.6.3. Luminaria

“La norma UNE-EN 60598 establece que una luminaria es el dispositivo de alumbrado que filtra, distribuye y transforma la luz generada por una o varias lámparas” [14]. “Las luminarias se conforman por los equipos como dispositivos necesarios para la fijación, protección y soporte de las lámparas” [14]. Si se necesitan circuitos auxiliares que se combinan con la del enlace de la red de alimentación ésta se incluye como parte de la luminaria [14].

1.3.6.4. Lámparas

Las lámparas son aparatos que transforman la energía eléctrica o química en energía lumínica (luz). Hay que tomar en cuenta que lámpara y luminaria son diferentes, donde la lámpara es la encargada de producir luz, mientras que la luminaria ayuda a transformar, filtrar y distribuir la luz por medio de los dispositivos eléctricos que la constituyen [8].

La selección de una lámpara toma en consideración el lugar donde se va a colocar, ya que existen varios tipos de lámparas acorde a la necesidad y uso.

1.3.6.4.1. Lámpara de Sodio

Mediante la descarga de gas sódico, para la producción de luz usa vapor de sodio de ahí su nombre. “Son usadas generalmente para el alumbrado vial en carreteras, muelles, autopistas, entre otras debido a su eficiencia, ya que producen una gran cantidad de lúmenes por vatio. Por otra parte, su vida útil es alta, 24000 horas” [8], [15].

“Existen dos clases, las de vapor de sodio de alta presión que se usan en el alumbrado público por su excelente reproducción cromática; las lámparas de vapor de sodio de baja presión que son altamente eficientes, ya que generan alrededor de 130 lúmenes por vatio” [8].

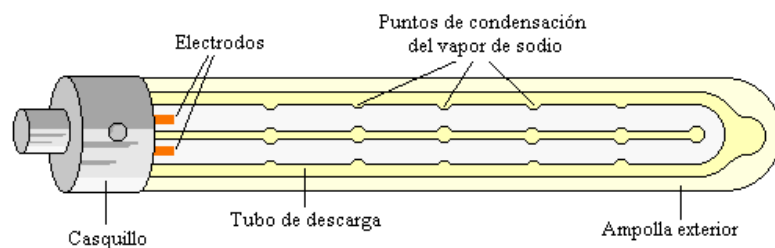


Figura 1.8. Lámpara de sodio de baja presión [15]

1.3.6.4.2. Lámpara de Mercurio

“Son empleadas para iluminar vías principales, carreteras, parques, autopistas y sectores de difícil acceso; para este tipo de lámparas su mantenimiento se da en periodos largos. A diferencia de las lámparas de sodio éstas no entregan una adecuada iluminación sobre la superficie de trabajo. La vida útil de este tipo de lámpara está entre 5,000 y 20,000 horas.” [15]

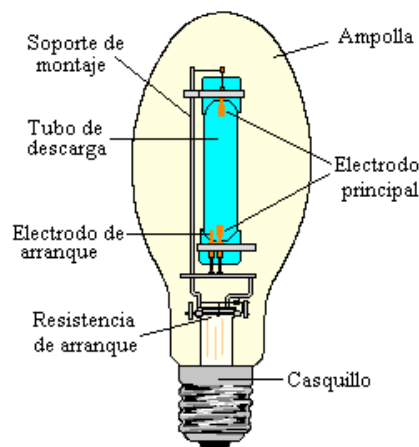


Figura 1.9. Lámpara de mercurio [15]

1.3.6.4.3. Lámpara Led

Son ampliamente utilizadas en todo tipo de aplicación, ya sea en iluminación automotriz como también en la iluminación de vías, parques y demás. La gran ventaja que tienen respecto a los demás tipos de lámparas es su ahorro energético y su gran vida útil [16].

Al ser una tecnología relativamente nueva su precio es elevado. Las lámparas LED son muy resistentes, no producen contaminación por fugas (no poseen mercurio) [8], además su mantenimiento no es tan requerido; son de rápida instalación y poseen un espectro grande de colores.



Figura 1.10. Lámpara LED [17]

1.3.6.4.4. Lámpara de Inducción

Son el híbrido de las lámparas fluorescentes con las de mercurio. Su principal propiedad radica en que no necesitan electrodos para generar la ionización puesto que tienen una clase de antena interior dando origen a una potencia, debido a un generador externo de alta frecuencia, de esta forma crea un campo electromagnético dentro de la zona de descarga, por lo cual se induce la corriente eléctrica del gas creando así la ionización. La vida útil es relativamente amplia y su eficacia luminosa es de alrededor de los 80 lúmenes por vatio [8], [18].



Figura 1.11. Lámpara de Inducción [18]

1.3.6.5. REGULACION Nro. ARCERNNR-007/23 (Prestación del Servicio de Alumbrado Público)

La resolución del ARCERNNR 007/23 Marco Normativo para la Prestación del Servicio de Alumbrado Público General, tiene como meta regular las instancias técnicas como las comerciales para que faculten a las empresas distribuidoras de energía en brindar la prestación de alumbrado público, dentro de los parámetros de calidad. [19].

1.3.7. SOFTWARE DIALUX

DIALux es un software libre usado para diseñar proyectos de iluminación de las zonas interiores y exteriores. El programa se encuentra disponible tanto en dispositivos móviles como en Desktop y posibilita guardar en una variedad de formatos los archivos creados, mejorando los flujos de trabajo y ahorrando tiempo en el diseño de un proyecto.

Permite documentar los resultados que se obtienen. Su gran ventaja es el incluir librerías de varios fabricantes líderes de luminarias a nivel mundial, además ayuda a planificar el proyecto empleando los requisitos de los estándares actuales que el sector de la construcción requiere para una adecuada iluminación [20]. Puede tomarse como base los planos de programas arquitectónicos como AUTOCAD. La versión que se usa en este trabajo de titulación es DIALux 10.1.

1.3.8. COCINAS DE INDUCCIÓN

Las cocinas de inducción son altamente eficientes ya que aprovecha la energía eléctrica al máximo, ya que en lugar de calentar directamente a los recipientes calienta los alimentos a diferencia de como sucede con las cocinas tradicionales; el GLP tienen un subsidio por parte del gobierno, lo cual influye en el sesgo de uso de GLP para cocción [21].

Como se mencionó la eficiencia de las cocinas de inducción es alta, según el cual se determina experimentalmente la eficiencia de 3 tipos de cocinas.

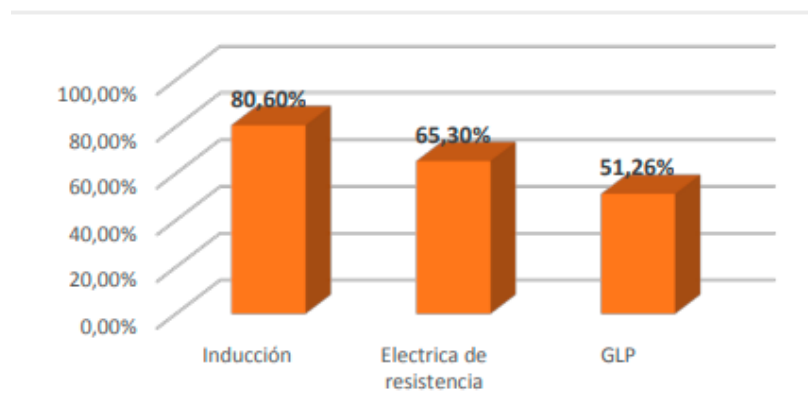


Figura 1.10. Eficiencia de diferentes cocinas [21]

En Ecuador una cocina de inducción tiene un precio entre 150 a 800 dólares por otra parte las ollas a usarse en las cocinas tienen un precio entre 30 a 80 dólares las cuales dependen del modelo y marca.

En la figura 1.11 se muestra la eficiencia como el consumo entre el cilindro de gas y el uso de cocina de inducción.

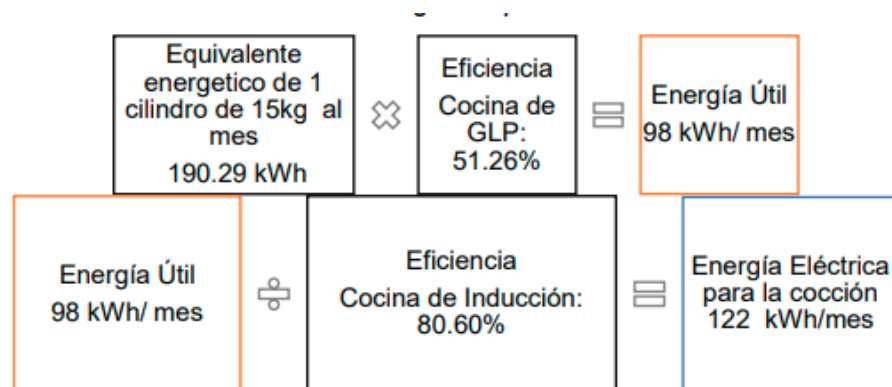


Figura 1.11. Comparativa de cocina de inducción y cilindro de gas [21]

Ventajas de cocinas de Inducción:

Mayor eficiencia energética: Se aprovecha toda la energía, se emite solo la energía necesaria para calentar el recipiente. La 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 de cocinas de Inducción:

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

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 [21].

2. METODOLOGÍA

En este capítulo se detalla la metodología usada para realizar el levantamiento de información, acorde a los planos arquitectónicos de las diferentes áreas ya que cada una de éstas tendrá su requerimiento energético propio tales como, manzanas, lotes, calles y demás.

Para el levantamiento de información del conjunto habitacional El Magisterio o sus similares, se debe realizar las mediciones de la calidad del producto en los transformadores, consumo de energía actual, el tipo de calle que se tiene dentro de la ciudadela y mediciones de iluminación según la norma CIE 115-2000. En la figura 2.1 se observa el proceso a realizarse del presente proyecto.

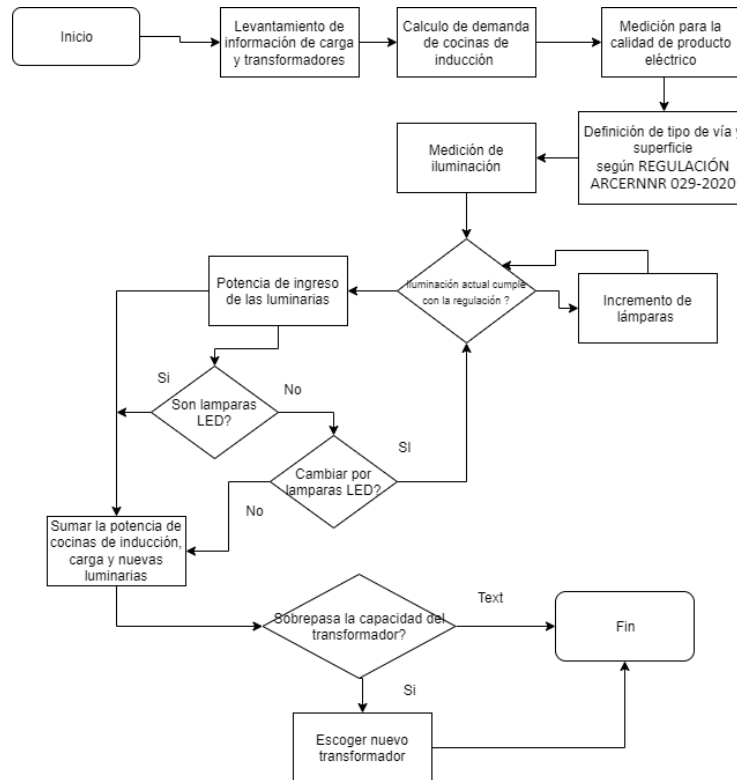


Figura 2.1. Diagrama de flujo de la metodología usada [ELABORACIÓN PROPIA]

2.1. LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN GENERAL EN LA CIUDADELA EL MAGISTERIO

En las figuras 2.1, 2.2, 2.3, 2.4 se muestra la ubicación de las manzanas y lotes de la ciudadela “El Magisterio” en la cual se realizará el levantamiento de información donde se obtendrá la carga instalada de diferentes modelos de casas y áreas comunales, el consumo de energía eléctrica por manzanas, potencia de luminarias de calles, potencias de transformadores instalados en la ciudadela el Magisterio. Varios de estos parámetros fueron obtenidos a través de CNEL Santo Domingo (**Levantamiento de la información para el análisis del estudio de eficiencia energética**).

Manzana	#Lotes	Ciudadela del Magisterio									
1	3 Edi/ 6DepXEdi/	Bloque de 6 Dep A			Bloque de 6 Dep B			Bloque de 6 Dep C			
		Calle 2									
2	3 Edi/ 6DepXEdi/	Bloque de 6 Dep F			Bloque de 6 Dep E			Bloque de 6 Dep D			
		Calle 3									
3	17	Lote 1	Lote 2 - 2 pisos	Lote 3	Lote 4	Lote 5	Lote 6	Lote 7	Lote 8	Lote 9	
		Lote 17	Lote 16	Lote 15	Lote 14	Lote 13	Lote 12	Lote 11	Lote 10	Libre	
4	18	Calle 4									
		Lote 1	Lote 2	Lote 3	Lote 4	Lote 5	Lote 6	Lote 7	Lote 8	Lote 9	
5	9	Lote 18 - 2 pisos	Lote 17	Lote 16 - 2 pisos	Lote 15	Lote 14 - 2 pisos	Lote 13	Lote 12	Lote 11	Lote 10	
		Calle 5									
A1	V	Lote 1	Lote 2 - 2 pisos	Lote 3	Lote 4	Lote 5	Lote 6 - 2 pisos	Lote 7	Lote 8	Lote 9	
		CNT	Local 1	Local 2	Local 3	Local 4	Local 5	Libre	Libre	Libre	
Calle 6											
Tanque de oxidación							Columpios	Canchas basket			
							Baños	Canchas volley			
Casa Comunal - tipo Coliseo					Estacionamiento						
Calle 7											

Figura 2.2. Distribución de lotes en manzanas y calles. Manzanas 1,2,3,4,5 y área comunal 1 [ELABORACIÓN PROPIA]

Manzana	#Lotes	Ciudadela del Magisterio									
6	18	Calle 7									
		Lote 1 - 2 pisos	Lote 2 - 2 pisos	Lote 3	Lote 4	Lote 5 - 2 pisos	Lote 6	Lote 7	Lote 8	Lote 9	
7A	9	Lote 18	Lote 17 - Tienda	Lote 16 - 2 pisos	Lote 15	Lote 14	Lote 13	Lote 12	Lote 11	Lote 10	
		Calle 8									
7B	9	Lote 1	Lote 2	Lote 3	Lote 4	Lote 5	Lote 6	Lote 7	Lote 8 - 2 pisos	Lote 9 - 2 pisos	
		Lote 18 - 2 pisos	Lote 17	Lote 16 - 2 pisos	Lote 15 - Tienda	Lote 14	Lote 13	Lote 12	Lote 11	Lote 10 - 3Pisos- 2M	
8	18	Calle 9									
		Lote 1 - 2 pisos	Lote 2	Lote 3 - 2 pisos	Lote 4	Lote 5 - 2 pisos	Lote 6	Lote 7	Lote 8	Lote 9	
9A	9	Lote 18	Lote 17	Lote 16 - 2 pisos	Lote 15	Lote 14 - 2 pisos	Lote 13	Lote 12 - 2 pisos	Lote 11 - 2 pisos	Lote 10	
		Calle 10									
9B	8	Lote 1	Lote 2	Lote 3	Lote 4	Lote 5	Lote 6	Lote 7	Lote 8	Lote 9 - 2 pisos	
		Lote 17	Lote 16	Lote 15	Lote 14	Lote 13	Lote 12	Lote 11 - 2 pisos	Lote 10	Libre	
10	18	Calle 11									
		Lote 1 - 2 pisos	Lote 2	Lote 3	Lote 4 - 2P+Tienda	Lote 5	Lote 6	Lote 7	Lote 8	Lote 9 - 2 pisos	
Calle 12											
		Lote 18	Lote 17	Lote 16 - 2 pisos	Lote 15 - 2 pisos	Lote 14 - 2 pisos	Lote 13 - 2 pisos	Lote 12	Lote 11	Lote 10 - 2 pisos	

Figura 2.3. Distribución de lotes en manzanas y calles. Manzanas 6,7A,7B,8,9A,9B,10 [ELABORACIÓN PROPIA]

Manzana	#Lotes	Ciudadela del Magisterio									
		CALLE PRIM									
		Calle 12									
11A	8	Lote 1 - 2 pisos	Lote 2 - 2 pisos	Lote 3 - 2 pisos	Lote 4 - 2 pisos	Lote 5 - 2 pisos	Lote 6	Lote 7	Lote 8	Libre	
11B	9	Lote 17 - 2 pisos	Lote 16 - 2 pisos	Lote 15	Lote 14	Lote 13	Lote 12	Lote 11 - 2 pisos	Lote 10	Lote 9	
		Calle 13									
		Lote 1 - 2 pisos	Lote 2 - 2 pisos	Lote 3	Lote 4	Lote 5	Lote 6 - 2 pisos	Lote 7	Lote 8	Lote 9	
12	18	Lote 18	Lote 17	Lote 16	Lote 15	Lote 14	Lote 13	Lote 12	Lote 11	Lote 10	
		Calle 14									
13A	9	Lote 1	Lote 2	Lote 3	Lote 4	Lote 5	Lote 6	Lote 7	Lote 8	Lote 9	
A2	V	Guarderia-Aulas				Capilla				Canchas basket	
		Tanque de oxidación					Baños Columpios	Canchas volley			
		Calle 15									
		Lote 1	Lote 2 - 2 pisos	Lote 3	Lote 4	Lote 5	Lote 6	Lote 7	Lote 8	Lote 9 - 2 pisos	
13	18	Lote 18	Lote 17	Lote 16 - 2 pisos	Lote 15	Lote 14	Lote 13	Lote 12	Lote 11	Lote 10	
		Calle 16									
		Lote 1	Lote 2	Lote 3	Lote 4 - 2 pisos	Lote 5	Lote 6 - 2 pisos	Lote 7	Lote 8	Lote 9 - 2 pisos	
14	17	Lote 17 - 2 pisos	Lote 16	Lote 15	Lote 14	Lote 13	Lote 12	Lote 11	Lote 10 - 2 pisos	Libre	
		Calle 17									

Figura 2.4. Distribución de lotes en manzanas y calles. Manzanas 11A, 11B, 12, 13A, 13,14 y área comunal 2[ELABORACIÓN PROPIA]

Manzana	#Lotes	Ciudadela del Magisterio									
		Calle 17									
A3	V	Columpio		Cancha	Tanque circular	Baños	Árboles				
		Tanque de oxidación									
15	8	Lote 1	Lote 2	Lote 3 - 2 pisos	Lote 4	Lote 5	Lote 6	Lote 7 - 2 pisos	Lote 8		
		Calle 18									
		Lote 1 - 2 pisos	Lote 2	Lote 3 - 2 pisos	Lote 4	Lote 5	Lote 6	Lote 7	Lote 8		
16	16	Lote 16	Lote 15	Lote 14	Lote 13 - 2 pisos	Lote 12 - 2 pisos	Lote 11	Lote 10 - 2 pisos	Lote 9		
		Calle 19									
		Lote 1	Lote 2 - 2 pisos	Lote 3	Lote 4	Lote 5	Lote 6 - 2 pisos	Lote 7	Lote 8 - 2 pisos		
17	16	Lote 16 - 2 pisos	Lote 15 - 2 pisos	Lote 14	Lote 13 - 2 pisos	Lote 12	Lote 11	Lote 10	Lote 9		
		Calle 20									
18A	8	Lote 1	Lote 2	Lote 3	Lote 4	Lote 5	Lote 6	Lote 7	Lote 8		
18B	7	Lote 15 - 2 pisos	Lote 14	Lote 13	Lote 12	Lote 11	Lote 10	Lote 9	Libre		
		Calle 21									
		Lote 1	Lote 2 - 2 pisos	Lote 3	Lote 4 - 2 pisos	Lote 5	Lote 6	Lote 7	Lote 8		
19	16	Lote 16	Lote 15 - 2 pisos	Lote 14	Lote 13	Lote 12	Lote 11	Lote 10	Lote 9 - 2 pisos		
		Calle 21									

Figura 2.5. Distribución de lotes en manzanas y calles. Manzanas 15,16,17,18A, 18B 19, y área comunal 3 [ELABORACIÓN PROPIA]

2.2. CÁLCULO DE DEMANDA-COCINAS DE INDUCCIÓN

El ingreso de las cocinas de inducción provoca un incremento en la energía eléctrica consumida consecuencia de esto los transformadores actuales pueden o no ser sustituidos dependiendo de la potencia actual de los mismos.

En la Tabla 2.1 se visualiza la demanda máxima diversificada para cocinas de inducción DMD_{CI} [22].

Tabla 2.1. Demanda máxima diversificada - cocinas de inducción DMD [22]

Cocinas de inducción	Demanda máxima diversificada – (cocinas de inducción)	Factor de coincidencia	Cocinas de inducción	Demanda Máxima diversificada (cocinas de inducción)	Factor de coincidencia
1	1,44	1,00	11	6,77	0,39
2	2,65	0,89	12	7,31	0,39
3	3,50	0,73	13	7,85	0,39
4	3,89	0,65	14	8,38	0,38
5	3,10	0,43	15	8,90	0,38
6	3,96	0,42	16	9,43	0,38
7	4,54	0,41	17	9,95	0,37
8	5,11	0,41	18	10,46	0,37
9	5,67	0,40	19	10,98	0,37
10	6,22	0,40	20	11,48	0,37

Si se tiene más de 5 usuarios (con cocina) se usa la ecuación 2.1.

$$DMD_{CI} = 0,6 * N_{CI} * FC_{CI} * DMU_{CI} \quad [22] \quad (2.1)$$

Donde:

“ DMD_{CI} ”: Demanda máxima diversificada con cocinas de inducción

N_{CI} : Numero de cocinas de inducción N

FC_{CI} : Factor de coincidencia

DMU_{CI} : Demanda máxima unitaria de cocina de inducción igual a 2.4kW [22]

$$DMU_{CI} = CI * FD \quad [22] \quad (2.2)$$

Donde:

CI: Carga instalada de una cocina de inducción (3kW)

FD: Factor de demanda de una cocina de inducción 0.8

El factor de coincidencia para cocinas de inducción se obtiene con la ecuación 2.3" [22].

$$FC_{CI} = e^{-0.7243} * N_{CI}^{-0.128443} + 0,037 \quad (2.3)$$

En la ciudadela el Magisterio existe un promedio de 40 usuarios por cada transformador, de los cuales se tomará el 50% .

2.3. MEDICIONES PARA LA CALIDAD DEL PRODUCTO ELÉCTRICO

2.3.1. NIVEL DE VOLTAJE

Para el nivel voltaje se usan las resoluciones [2], [3].

- 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.
- Para la selección de los puntos se considerarán los niveles de voltaje, tipo de zona (urbana, rural), y la topología de la red, a fin de que las mediciones sean representativas de todo el sistema.
- Simultáneamente con este registro se deberá medir la energía entregada a efectos de conocer la que resulta suministrada en malas condiciones de calidad.
- 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.

2.3.2. PERTURBACIÓN RÁPIDA DE VOLTAJE (FLICKER)

Para el flicker se usan las resoluciones [2], [3].

- “Un registro en cada uno de los puntos de medición, en un número equivalente al 0,15% de los transformadores de distribución, en los bornes de bajo voltaje, no menos de 5” [3].
- “Para la selección de los puntos se considerarán los niveles de voltaje, tipo de zona (urbana, rural), y la topología de la red, a fin de que las mediciones sean representativas de todo el sistema” [3].
- “Simultáneamente con este registro se deberá medir la energía entregada a efectos de conocer la que resulta suministrada en malas condiciones de calidad” [3].
- “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” [3].
- “Las mediciones se deben realizar con un medidor de efecto flicker, para intervalos de 10 minutos y de acuerdo a los procedimientos especificados en la norma IEC 60868” [3].

2.3.3. DISTORSIÓN ARMÓNICA DE VOLTAJE

Para la distorsión armónica se usan las resoluciones [2], [3].

- “Un registro en cada uno de los puntos de medición, en un número equivalente al 0,15% de los transformadores de distribución, en los bornes de bajo voltaje, no menos de 5” [3].
- “Para la selección de los puntos se considerarán los niveles de voltaje, tipo de zona (urbana, rural), y la topología de la red, a fin de que las mediciones sean representativas de todo el sistema” [3].
- “Simultáneamente con este registro se deberá medir la energía entregada a efectos de conocer la que resulta suministrada en malas condiciones de calidad” [3].
- “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” [3].
- “Las mediciones se deben realizar con un medidor de efecto “flicker” para intervalos de 10 minutos y de acuerdo a los procedimientos especificados en la norma IEC 61000-4-7” [3].

2.3.4. FACTOR DE POTENCIA

Además de las mediciones anteriores se realizará la toma de datos del factor de potencia por mes, del 2% de la cantidad de abonados activos en AV y MV, 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 [3].

2.4. CLASES DE ALUMBRADO Y PARÁMETROS FOTOMÉTRICOS POR VÍAS SEGÚN REGULACIÓN ARCERNR 007-23

Las clases de Alumbrado se clasifican de M1 a M5, y son seleccionadas de acuerdo a: la función de la vía, densidad de tráfico, complejidad del tráfico, separación del tráfico como de las facilidades de control de las señales de tránsito. Las especificaciones están dadas en la tabla siguiente [19]:

Tabla 2.1. “Clases de alumbrado para diferentes tipos de vías públicas” [19]

Descripción de la vía	Tipo de iluminación
“Vías de alta velocidad, con pistas separadas libres de intersecciones al mismo nivel y con accesos completamente controlados, autopistas, autovías. Con densidad de tráfico y complejidad de circulación”	
Alta (más de 1000 vehículos/hora)	M1
Media (entre 500 y 1000 vehículos/hora)	M2
Baja (entre 150 y menos de 500 vehículos/hora)	M3
Vías de alta velocidad, vías con doble sentido de circulación. Con control de tráfico y separación de diferentes usuarios de la vía	
Pobre	M1
Bueno	M2
Vías urbanas de tráfico importante, carreteras radiales. Con control de tráfico y separación de diferentes usuarios de la Vía:	
Pobre	M2
Bueno	M3”
“Vías secundarias de conexión, carreteras distribuidoras locales, vías de acceso principales residenciales, carreteras que proporcionan acceso a propiedades y conducen a conexiones de carreteras. Con control de tráfico y separación de diferentes usuarios de la vía”:	
Pobre	M4
Bueno	M5

Los indicadores fotométricos para el tráfico motorizado (M1 a M5), se describen en la tabla 2.1.

Conociendo la peculiaridad propia de la vía, como los requerimientos ópticos, se asignará la clase de iluminación adecuada. Para cada categoría de iluminación se establece los requisitos fotométricos mínimos, los mismos que se establecen en la Tabla 2.2 para luminancia, siendo ésta la perspectiva asignada [19].

Tabla 2.2. Luminancia de calzada para tráfico [19]

Clase de Iluminación	Campo de Aplicación				
	Todas las Vías			Vías sin o con pocas intersecciones	Vías con aceras no iluminadas clases P1 a P4
	Luminancia promedio L_{av} (cd/m ²) mínimo mantenido	Factor de uniformidad U_0 Mínimo	TI % Máxima inicial	Factor de uniformidad longitudinal de luminancia U_L Mínimo	Relación de alrededores (SR) Mínima
M1	2,0	0,4	10	0,7	0,5
M2	1,5	0,4	10	0,7	0,5
M3	1,0	0,4	10	0,7	0,5
M4	0,8	0,4	10	NR	NR
M5	0,6	0,4	10	NR	NR

Tabla 2.3. Iluminancia de calzada para tráfico [19]

Clase de Laminación	Valor promedio (mínimo a mantener) de iluminancia según tipo de superficie de la vía (lx)			Uniformidad de la Iluminancia
	R1	R2 y R3	R4	E_{min}/E_{prom} (%)
M3	12	17	15	34%
M4	8	12	10	25%
M5	6	9	8	18%

Tabla 2.4. Características de la superficie [19]

“Clase	Características de la superficie
R1	-Superficies de asfalto con un mínimo del 15 % de materiales reflectivos o materiales artificiales claros o al menos un 30 % de anortositas muy brillantes;

	-Superficies que contienen gravas que cubren más del 80% de la superficie de la calzada, y las gravas constan de gran cantidad de material claro, o reflectivos o están compuestas al 100% de anortositas muy brillantes; -Superficies de calzada de hormigón de concreto.
R2	-Superficies con textura rugosa que contienen agregados normales; -Superficies asfálticas (pavimentos bituminosos que contienen el 10% al 15% de brilladores artificiales); -Hormigón bituminoso grueso y rugoso, rico en gravas (más del 60%) de tamaños mayores a 10 mm; -Asfalto mástico después de ser tratado. Se conoce también como asfalto mástico en estado nuevo.
R3	-Revestimiento en Hormigón (asfalto frío, asfalto cemento) con tamaño de grava superior a 10 mm, con textura rugosa; -Superficies tratadas con textura rugosa pero pulimentada.
R4	-Asfalto mástico después de varios meses de uso -Superficies con textura bastante suave o pulimentada.”

2.5. MEDICIONES PARA ILUMINACIÓN DE ALUMBRADO PÚBLICO

2.5.1. NORMA INEN 069, EQUIVALENTE CIE 115-2000 ILUMINACIÓN EXTERIOR ALUMBRADO PÚBLICO

Todas las fuentes de luz de la instalación de alumbrado deben ser visibles y estar encendidas. Aquellas fuentes que no lo sean deben estar apagadas.

Para la confiabilidad de las mediciones tener en cuenta lo siguiente [23]:

- Instrumentos de medición calibrados.
- Verificar los parámetros de diseño de la instalación y la correcta geometría de la misma: altura de montaje, haz luminoso, ángulo de inclinación de la luminaria, separación entre luminarias, ancho de la vía, posición de la bombilla.

Vanos a medir deberán cumplir los siguientes requisitos:

- No debe presentar obstáculos que obstruyan la distribución luminosa de las luminarias (árboles, automóviles estacionados etc.).
- El recubrimiento de las calzadas no debe presentar ondulaciones (presencia de baches pronunciados)

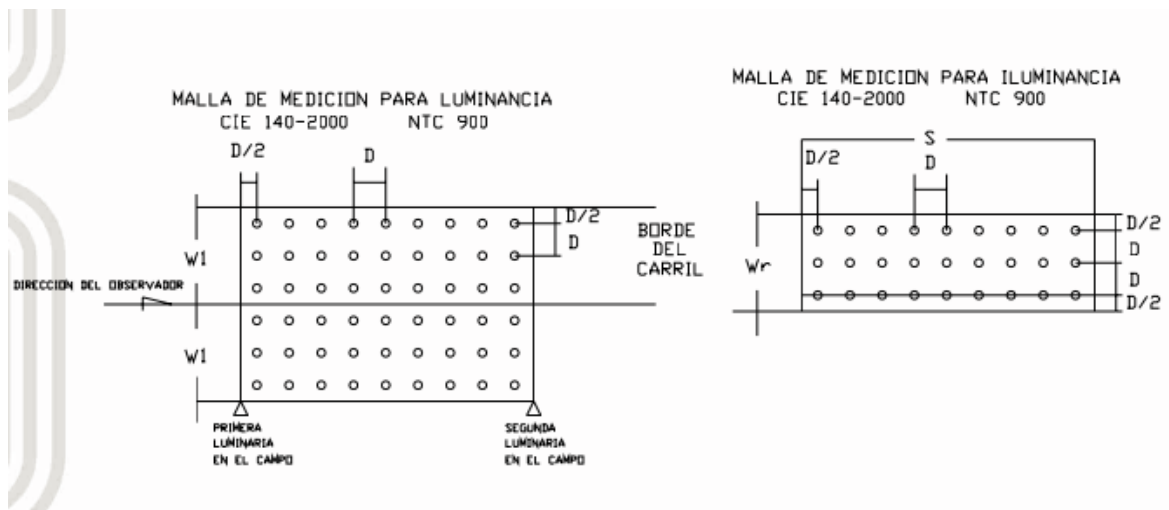


Figura 2.6. Malla de medición de luminancia e iluminancia [23]

2.6. SIMULACIÓN DE ALUMBRADO PÚBLICO EN DIALUX

Para la simulación en el software DIALUX se tomará en cuenta la potencia de las luminarias actuales, siendo estas detalladas en la Tabla 2.5, al no contar con luminarias iguales se usan luminarias con similares características.

Tabla 2.5. Potencia de Luminarias en la Ciudadela y Potencia de Luminarias usadas en la simulación

Calle	Luminarias	Potencia [w]	Potencia [w] en DiaLUX configuración 1	Potencia [w] en DiaLUX configuración 2
Calle-Principal	23	250	250	250
Calle-2	8	100	100	100
Calle-3	2	100	150	100
Calle-4	2	100	150	100
Calle-5	2	100	150	100
Calle-6	1	100	150	100
Calle-7	2	100	150	100
Calle-8	2	100	150	100
Calle-9	2	100	150	100
Calle-10	2	100	150	100
Calle-11	2	100	150	100
Calle-12	2	100	150	100
Calle-13	2	100	150	100
Calle-14	2	100	150	100
Calle-15	2	100	150	100

Calle-16	2	100	150	100
Calle-17	2	100	150	100
Calle-18	2	100	150	100
Calle-19	2	100	150	100
Calle-20	2	100	150	100
Calle-21	2	100	150	100
Calle-22	2	100	150	100

2.7. ALTERNATIVAS PARA MEJORAMIENTO DEL ALUMBRADO PÚBLICO

2.7.1. ALUMBRADO PÚBLICO ACTUAL

En la Ciudadela “El Magisterio” existen dos tipos de iluminación, en la calle principal cuenta con 23 postes de medio voltaje de 12 metros, para lo cual las lámparas de sodio con una potencia de 250W y están instaladas a 8.6 metros de altura. Por otra parte, en las calles secundarias 3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,21 cuenta con postes de bajo voltaje de 9 metros, donde las lámparas de sodio con una potencia de 175 W están instaladas a los 8 metros de altura. Finalmente, en la calle 2 cuenta con 6 postes de 7 metros cuyas luminarias de sodio con una potencia de 100 W están instaladas a 8 metros.

Mediante la resolución ARCERNR 029-2020 se determina el tipo de iluminación detallada en la Tabla 2.6.

Tabla 2.6. Características de calles del Conjunto El Magisterio

Número de Calle	Clase de iluminación	Tipo de superficie	Número de Calle	Clase de iluminación	Tipo de superficie
Calle principal	M5	R4	Calle 12	M5	R4
Calle 2	M5	R4	Calle 13	M5	R4
Calle 3	M5	R4	Calle 14	M5	R4
Calle 4	M5	R4	Calle 15	M5	R4
Calle 5	M5	R4	Calle 16	M5	R4
Calle 6	M5	R4	Calle 17	M5	R4
Calle 7	M5	R4	Calle 18	M5	R4
Calle 8	M5	R4	Calle 19	M5	R4
Calle 9	M5	R4	Calle 20	M5	R4
Calle 10	M5	R4	Calle 21	M5	R4
Calle 11	M5	R4			

Después de identificar la clase de iluminación y tipo de la superficie para las calles del conjunto se estable mediante la resolución ARCERNR 029-2020 que:

- Iluminancia mínima de 8 Luxes con 18% de uniformidad de iluminancia.
- Luminancia mínima de 0.6 cd/m² con 0.4 de uniformidad de luminancia.

3. RESULTADOS Y DEBATE

3.1 LEVANTAMIENTO DE DATOS

Los datos de potencia de los transformadores, así como su ubicación entre las arterias viales dentro del conjunto “El Magisterio” se describen en la Tabla 3.1.

Tabla 3.1. Información de transformadores, ubicación, Potencia y manzana.

Manzana	Casas 2Pisos	Lotes o #Dpto.	Calle	Transformador [kVA]	Transformador	Fase	Poste
1	0	3Edi/6Dpto.X.Edi/18 Dpto. (A;B;C)	2A	37,5kVA	CNEL 112209 Convencional	Fase B	P1, P2,
2	0	3Edi/6Dpto.X.Edi/18 Dpto. (D;E;F)	2B	37,5kVA	CNEL 112209	Fase B	P1, P2,
3	1	17	Entre 3 y 4	37,5kVA	CNEL 112210 Autoprotegido	Fase A	P3; P4; P5
4	3	18	Entre 4 y 5	37,5kVA	CNEL 112210	Fase A	P3; P4; P5
5	2	9	Entre 5 y 6	37,5kVA	CNEL 112210	Fase A	P3; P4; P5
A1 (CNT, Coliseo, 5 local)	0	V	E	R	D-(CNEL 112212)	Fase A	E (CNT, Coliseo, 5 local)
6	4	18	Entre 7 y 8	25kVA	CNEL 112212 Auto-Protegido	Fase B	P7; P8
7A	2	9	Entre 8 y 9	25kVA	CNEL 112212	Fase B	P7; P8
7B	2	9	Entre 8 y 9	25kVA	CNEL 112213 Auto-Protegido	Fase B	P9; P10
8	6	18	Entre 9 y 10	25kVA	CNEL 112213	Fase B	P9; P10
9A	1	9	Entre 10 y 11	25kVA	CNEL 112213	Fase B	P9; P10
9B	1	8	Entre 10 y 11	25kVA	CNEL 112214 Auto-Protegido	Fase A	P11; P12
10	7	18	Entre 11 y 12	25kVA	CNEL 112214	Fase A	P11; P12
11A	5	8		25kVA	CNEL 112214		P11; P12

Manzana	Casas 2Pisos	Lotes o #Dpto.	Calle	Transformador [kVA]	Transformador	Fase	Poste
			Entre 12 y 13			Fase A	
11B	3	9	Entre 12 y 13	25kVA	CNEL 112215 Auto-Protegido	Fase A	P13; P14
12	3	18	Entre 13 y 14	25kVA	CNEL 112215	Fase A	P13; P14; P15
13A	0	9	Entre 14 y 15	25kVA	CNEL 112215	Fase A	P13; P14; P15
A2 (Capilla, aulas)	0	Área Verde	Área Verde	Área Verde	(CNEL 112215)	Fase A	(Capilla, aulas)
13	3	18	Entre 15 y 16	25kVA	CNEL 112216 Auto-Protegido	Fase A	P16; P17; P18
14	5	17	Entre 16 y 17	25kVA	CNEL 112216	Fase A	P16; P17; P18
A3 (Tanque redondo)	0	Área Verde	Área Verde	Área Verde	(CNEL 112216)	Fase A	(Tanque redondo)
15	2	8	Entre 17 y 18	37,5kVA	CNEL 112217 Auto-Protegido	Fase A	P19; P20; P21
16	5	16	Entre 18 y 19	37,5kVA	CNEL 112217	Fase A	P19; P20; P21
17	6	16	Entre 19 y 20	37,5kVA	CNEL 112217	Fase A	P19; P20; P21
18A	0	8	Entre 20 y 21	37,5kVA	CNEL 112217	Fase A	P19; P20; P21
18B	1	7	Entre 20 y 21	25kVA	CNEL 112218 Auto-Protegido	Fase A	P22; P23
19	4	16	Entre 21 y 22	25kVA	CNEL 112218	Fase A	P22; P23

Además de la información de los transformadores se obtuvo el consumo de energía por usuario, en cada transformador para el mes de febrero de 2022. En el ANEXO B archivo en Excel se detalla la información de energía por cada transformador. El alimentador para la ciudadela el Magisterio viene desde la subestación Quevedo #4 tiene una longitud total de 916.01 metros con una carga instalada de 377.5 kVA, además el calibre del conductor es ACSR2 cuya capacidad de corriente es de 184 A.

Las tablas 3.2 y 3.3 muestran la potencia de los transformadores, el tramo en el que se encuentran, la fase a la que están conectados, el consumo actual de energía eléctrica, potencia de alumbrado público y número de usuarios.

Tabla 3.2 Información de transformadores, ubicación, Potencia

Código	Fase de conexión	Inicio Tramo	Fin Tramo	Transformador [kVA]	Longitud al transformador [m]	Consumo de energía kWh
112209	B	0	1	37.5	29.18	6445
112210	B	1	2	37.5	65.89	6263
112211	C	2	3	15	71	863
112212	B	3	4	25	89.41	4317
112213	B	4	5	25	70.98	6241
112214	C	5	6	25	73.61	6095
112215	C	6	7	25	73.21	5372
112216	C	7	8	25	120.18	5648
112217	C	8	9	37.5	135.05	8235
112218	C	9	10	25	72.89	3351
1703298	C	10	11	50	36.57	96
112220	ABC	11	12	50	78.04	0

Tabla 3.3 Potencia y número luminarias, número de usuarios y porcentaje de carga

Código	Usuarios	Potencia luminarias [w]	Luminarias	Cargabilidad [%]	Demanda máxima [kVA]
112209	42	500	2	53.53	20,07
112210	52	1350	9	54.9	20,59
112211	1	350	2	58.12	8,72
112212	29	1100	8	53.53	13,38
112213	40	950	6	78.46	19,62
112214	40	900	6	76.65	19,16
112215	42	1150	7	61.69	15,42
112216	39	1950	15	70.72	17,68
112217	50	1350	9	65.61	24,60
112218	25	900	6	42.43	10,61
1703298	1	450	3	0.57	0,29
112220	0	0	0	0	0,00

Mediante el software Cymdist se realiza un flujo de potencia con las características de carga y de los transformadores mencionados anteriormente. En las figuras 3.1, 3.2, 3.3 y

3.4 se aprecia todo el alimentador de la ciudadela “El Magisterio” en el cual no existen sobrecargas ni bajos voltajes, además se observa que el alimentador esta desbalanceado ya que solo se usan las fases B y C las cuales a su vez deben balancearse de una mejor manera (**Estudio de carga eléctrica instalada vista hasta el transformador de distribución**).

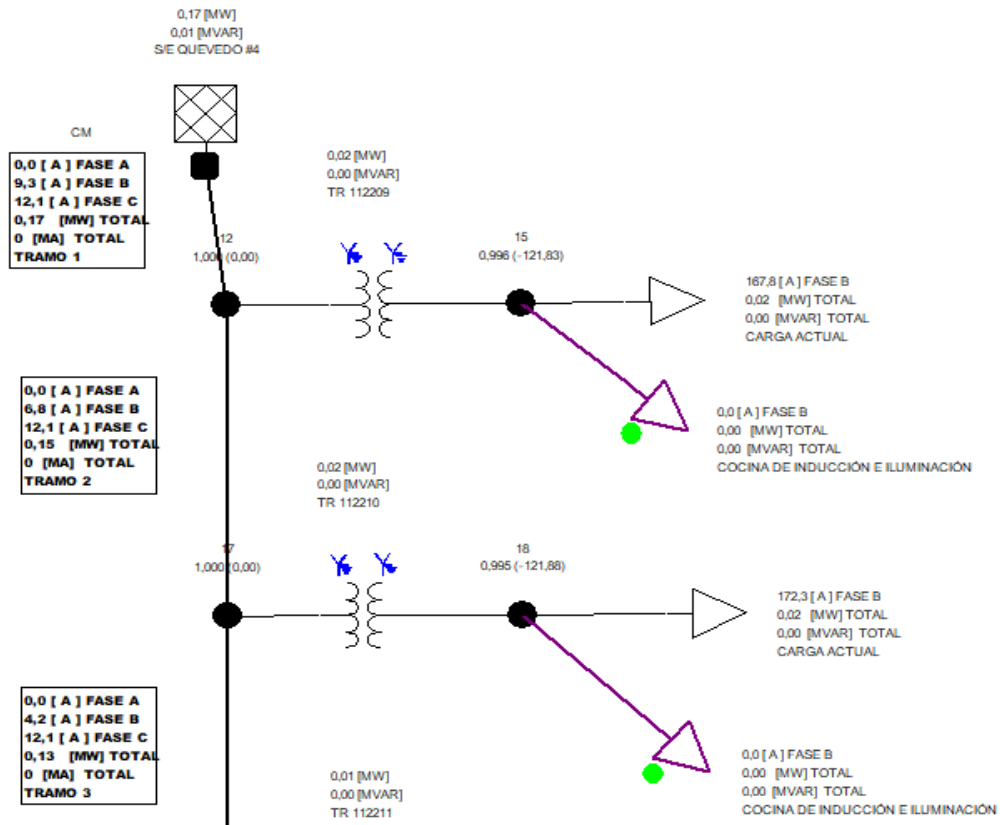


Figura 3.1. Flujo de potencia del tramo 1,2,3

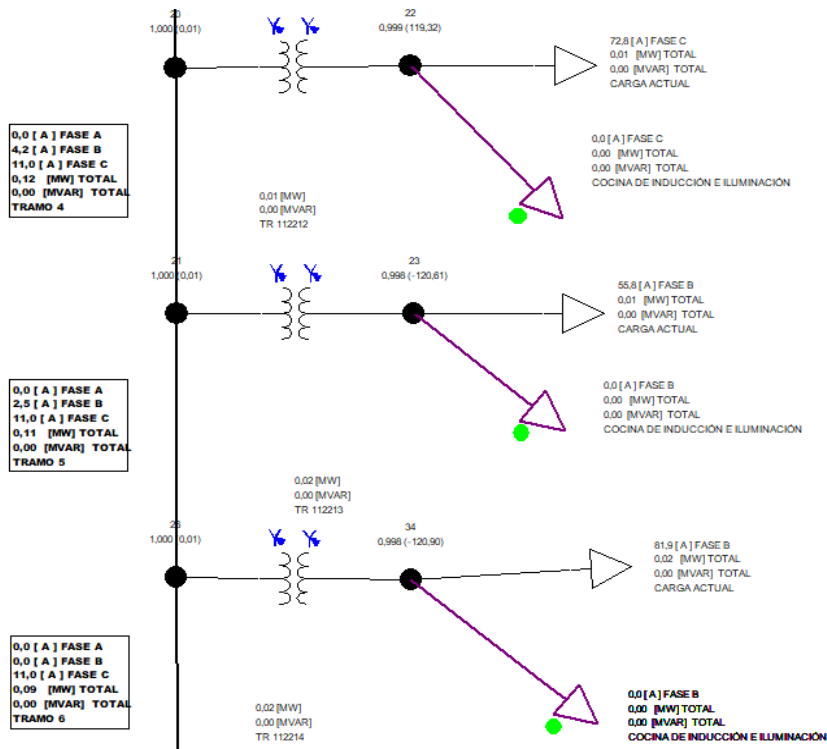


Figura 3.2. Flujo de potencia del tramo 4,5,6

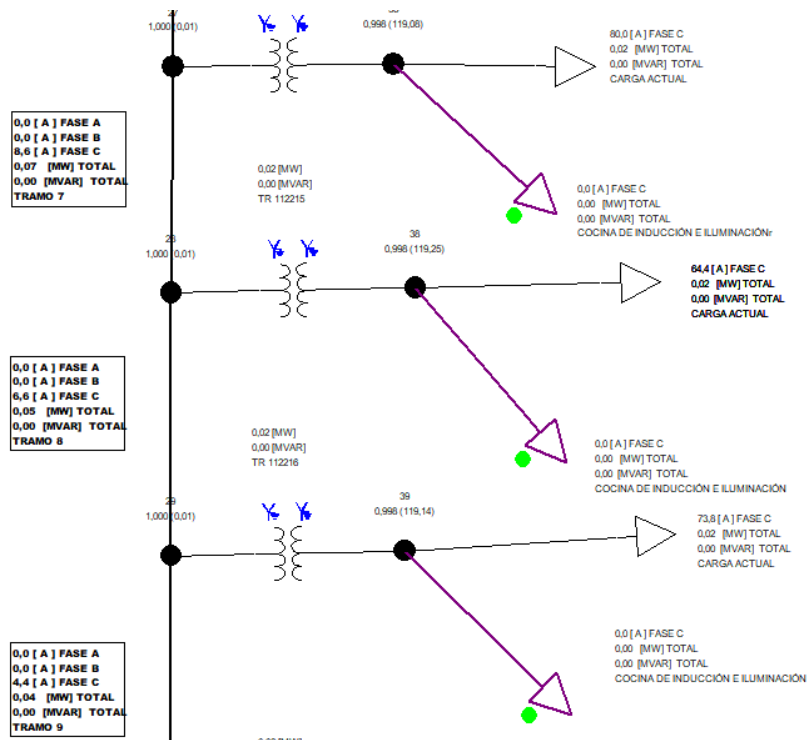


Figura 3.3. Flujo de potencia del tramo 7,8,9

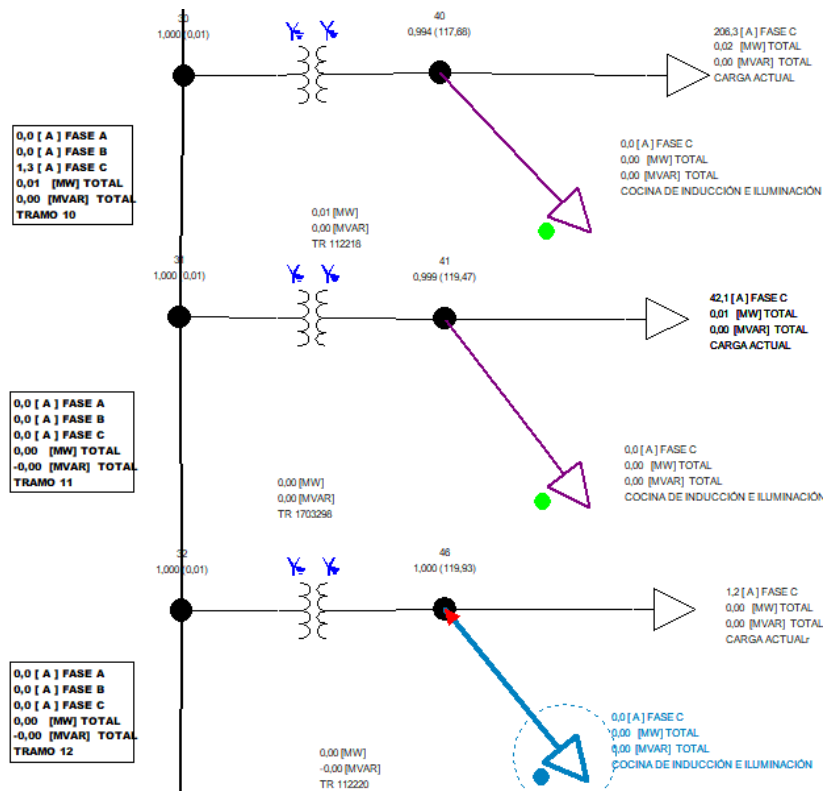


Figura 3.4. Flujo de potencia del tramo 10,11,12

3.2 INGRESO DE COCINAS DE INDUCCIÓN

Como se mencionó en la sección 2.2 un promedio de 20 usuarios ingresara cocinas de inducción por transformador. Mediante el uso de la ecuación 2.3 se obtuvo un factor de coincidencia de 0.37

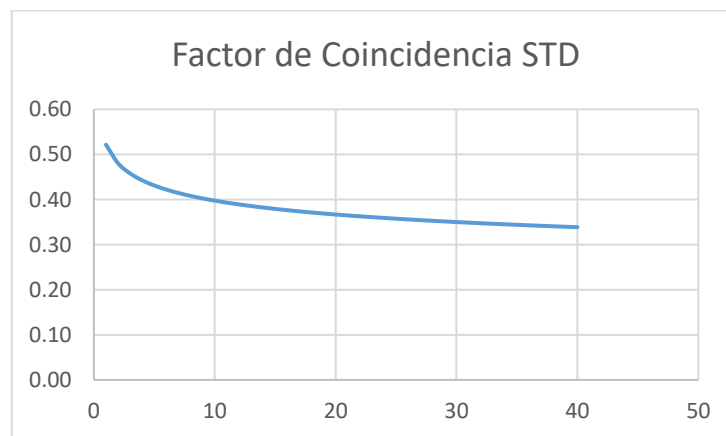


Figura 3.5. Curva de factor de coincidencia de cocinas de inducción [ELABORACIÓN PROPIA]

Tomando en cuenta que cada cocina de inducción puede no puede ser superior a 7200w [24] se toma un valor de 3kW y haciendo uso de las ecuaciones 2.1 y 2.2 se obtuvo, $DMU_{CI}=2.4kW$ y $DMD_{CI}=11,48kW$.

Lo cual da un consumo de 8265,6 kWh-mes ($11,48kW * 24h * 30días$).

3.3 CALIDAD DEL PRODUCTO EN LA CIUDADELA EL MAGISTERIO

3.3.1 EQUIPOS DE MEDICIÓN

Los Equipos utilizados en la toma de registros son:

1. Analizador de redes marca Circutor serie Myebox 150.-Tomará los datos de calidad de energía.
2. Luxómetro marca allosun modelo EM2243.-Equipo para toma de datos de iluminancia
- 3.-Multímetro marca tenmars modelo 1017.-Para toma de datos de corriente y voltaje.

3.3.1.1 ANALIZADOR DE REDES

El equipo Myebox 150 cuenta con la facilidad para la descarga de información, para un posterior análisis de los datos almacenados.

Las pinzas o sondas de medición son ubicadas en el lado de baja tensión de cada transformador. La toma de registros con el equipo se realiza en modo a tiempo amplio.

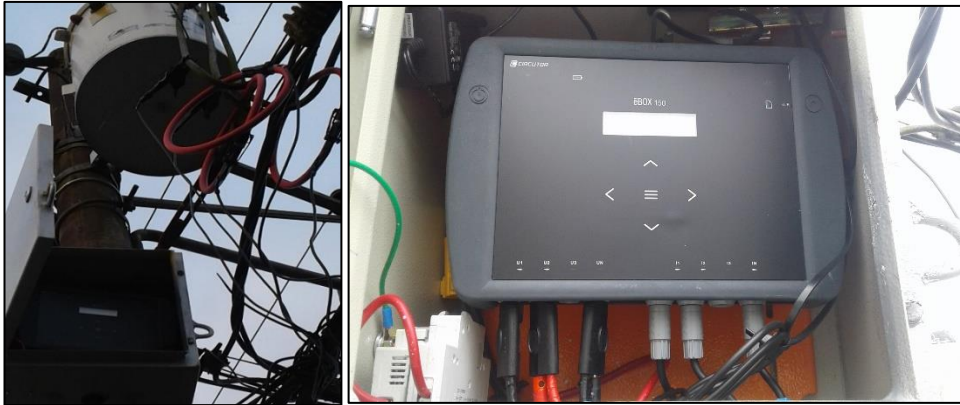


Gráfico 3.6 Equipo Marca Circuitur MyEBOX 150.

- Configuración usada

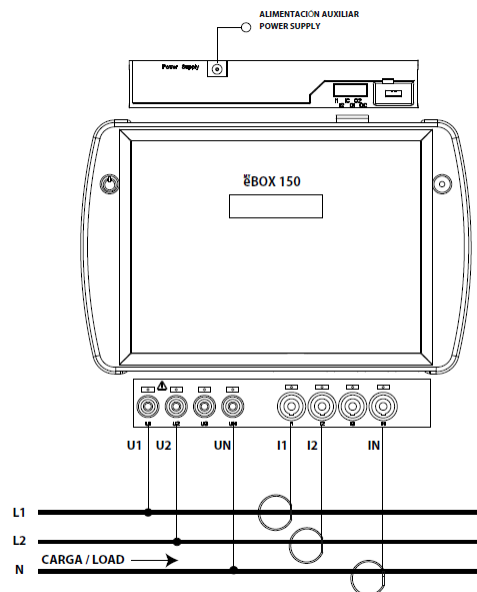


Gráfico 3.7 Diagrama de conexión del equipo Myebox 150.

3.3.2 MEDICIONES EN TRANSFORMADORES

La medición se la realizó con un analizador de red para los 9 transformadores que abastecen a la Ciudadela el magisterio obteniendo los resultados de las Tablas 3.4, 3.5, 3.6, 3.7, 3.8, 3.9, 3.10, 3.11, 3.12.

Tabla 3.4. Mediciones con analizador de redes para el transformador (N1-CNEL 112209)

Parámetros		Máximo	Mínimo	Promedio	Cumple Regulación 002-20	Observaciones
Factor de Potencia	Fase 1	0,98	0,73	0,88	No	El 68 % de la muestra está fuera del límite permitido
	Fase 2	0,99	0,8	0,91	No	El 50 % de la muestra está fuera del límite permitido
Voltaje (V)	Fase 1	131,42	123,95	127,93	Si	El 95% de la muestra es menor al +-8% del límite permitido en bajo voltaje.
	Fase 2	131,38	123,71	127,93	Si	El 95% de la muestra es menor al +-8% del límite permitido en bajo voltaje.
Corriente (A)	Fase 1	100,47	18,01	40,81		
	Fase 2	114,04	17,03	40,44		
	Neutro	58,68	0	11,11		
Flicker Pst	Fase 1	2	0,17	0,17	Si	5% está fuera de los límites permitidos ≤ 1 , del tiempo superior al 5% del periodo de medición.
	Fase 2	2	0,17	0,18	Si	3% está fuera de los límites permitidos < 1 , del tiempo superior al 5% del periodo de medición.
Armónicos (THD %V)	Fase 1	5,2	0	0,19	Si	0% está fuera de los límites permitidos
	Fase 2	5,2	0	0,19	Si	0% está fuera de los límites permitidos
	Neutro	0	0	0	Si	0% está fuera de los límites permitidos

Tabla 3.5. Mediciones con analizador de redes para el transformador (N2-CNEL 112210)

Parámetros		Máximo	Mínimo	Promedio	Cumple Regulación 002-20	Observaciones
Factor de Potencia	Fase 1	0,98	0,75	0,88	No	El 71 % de la muestra está fuera del límite permitido.
	Fase 2	0,98	0,75	0,88	No	El 71 % de la muestra está fuera del límite permitido.
Voltaje (V)	Fase 1	130,65	124,41	127,70	Si	El 95% de la muestra es menor al +-8% del límite permitido de voltaje.
	Fase 2	130,66	123,95	127,68	Si	El 95% de la muestra es menor al +-8% del límite permitido de voltaje
Corriente (A)	Fase 1	144,87	18,61	43,15		
	Fase 2	140	18,78	42,23		
	Neutro	62,74	0	11,11		
Flicker Pst	Fase 1	2	0,17	0,19	Si	6,7% está fuera de los límites permitidos
	Fase 2	2	0	0,18	Si	0,1% está fuera de los límites permitidos.
Armónicos (THD %V)	Fase 1	3,7	0	0,17	Si	0% está fuera de los límites permitidos
	Fase 2	3,7	0	0,16	Si	0% está fuera de los límites permitidos

	Neutro	0	0	0	Si	0% está fuera de los límites permitidos
--	--------	---	---	---	----	---

Tabla 3.6. Mediciones con analizador de redes para el transformador (N3-CNEL 112212)

Parámetros		Máximo	Mínimo	Promedio	Cumple Regulación 002-20	Observaciones
Factor de Potencia	Fase 1	0,97	0,72	0,85	No	El 10 % de la muestra está fuera del límite permitido
	Fase 2	0,99	0	0,80	No	El 54 % de la muestra está fuera del límite permitido
Voltaje (V)	Fase 1	131,93	123,59	128,10	Si	El 95% de la muestra es menor al +-8% del límite permitido de voltaje
	Fase 2	132,16	124,04	128,37	Si	El 95% de la muestra es menor al +-8% del límite permitido de voltaje
Corriente (A)	Fase 1	93,18	20,82	42,75		
	Fase 2	49,82	0	15,47		
	Neutro	71,79	7,79	28,28		
Flicker Pst	Fase 1	12,05	0,17	1,26	Si	1,26% está fuera de los límites permitidos
	Fase 2	55,05	0,17	1,18	Si	0,1% está fuera de los límites permitidos
Armónicos (THD %V)	Fase 1	126,5	0	0,19	Si	0% está fuera de los límites permitidos
	Fase 2	126,9	0	0,19	Si	0% está fuera de los límites permitidos
	Neutro	0	0	0	Si	0% está fuera de los límites permitidos

Tabla 3.7. Mediciones con analizador de redes para el transformador (N4-CNEL 112213)

Parámetros		Máximo	Mínimo	Promedio	Cumple Regulación 002-20	Observaciones
Factor de Potencia	Fase 1	0,91	0,76	0,91	No	El 37 % de la muestra está fuera del límite permitido
	Fase 2	0,99	0,77	0,91	No	El 42 % de la muestra está fuera del límite permitido
Voltaje (V)	Fase 1	125,19	117,89	121,65	Si	95% de la muestra es menor al +-8% del límite permitido de voltaje
	Fase 2	125,38	117,90	121,84	Si	95% de la muestra es menor al +-8% del límite permitido de voltaje
Corriente (A)	Fase 1	69,02	11,29	26,08		
	Fase 2	66,59	10,82	25,07		
	Neutro	67,29	6	24,74		
Flicker Pst	Fase 1	22,41	0,12	7,56	No	80% está fuera de los límites permitidos
	Fase 2	1,22	0,11	0,29	Si	0,12% está fuera de los límites permitidos
Armónicos (THD %V)	Fase 1	6,5	0	0,2	Si	0% está fuera de los límites permitidos
	Fase 2	6,5	0	0,2	Si	0% está fuera de los límites permitidos
	Neutro	0	0	0	Si	0% está fuera de los límites permitidos

Tabla 3.8. Mediciones con analizador de redes para el transformador (N5-CNEL 112214)

Parámetros		Máximo	Mínimo	Promedio	Cumple Regulación 002-20	Observaciones
Factor de Potencia	Fase 1	0,98	0,75	0,88	No	El 72 % de la muestra está fuera del límite permitido
	Fase 2	0,98	0,75	0,88	No	El 58 % de la muestra está fuera del límite permitido
Voltaje (V)	Fase 1	124,35	116,57	120,70	Si	95% de la muestra es menor al +-8% del límite permitido de voltaje
	Fase 2	124,32	116,69	120,73	Si	95% de la muestra es menor al +-8% del límite permitido de voltaje
Corriente (A)	Fase 1	76,17	18,73	39,4		
	Fase 2	87,49	19,47	39,69		
	Neutro	22,37	3,46	45,14		
Flicker Pst	Fase 1	22,57	13,32	22,03	No	100% está fuera de los límites permitidos
	Fase 2	22,57	1,25	20,82	No	100% está fuera de los límites permitidos
Armónicos (THD %V)	Fase 1	3,3	0	0,14	Si	0% está fuera de los límites permitidos
	Fase 2	3,4	0	0,15	Si	0% está fuera de los límites permitidos
	Neutro	0	0	0	Si	0% está fuera de los límites permitidos

Tabla 3.9. Mediciones con analizador de redes para el transformador (N6-CNEL 112215)

Parámetros		Máximo	Mínimo	Promedio	Cumple Regulación 002-20	Observaciones
Factor de Potencia	Fase 1	0,97	0,76	0,89	No	El 72 % de la muestra está fuera del límite permitido
	Fase 2	0,97	0	0,02	No	El 94 % de la muestra está fuera del límite permitido
Voltaje (V)	Fase 1	130,19	121,28	126,21	Si	95% de la muestra es menor al +-8% del límite permitido de voltaje
	Fase 2	130,06	121,07	125,96	Si	95% de la muestra es menor al +-8% del límite permitido de voltaje
Corriente (A)	Fase 1	104,05	15,64	35,17		
	Fase 2	764,54	0	26,41		
	Neutro	57,46	1,51	395,5		
Flicker Pst	Fase 1	0,4	0,07	0,1	Si	0% está fuera de los límites permitidos
	Fase 2	22,39	0,08	14,61	No	91% está fuera de los límites permitidos
Armónicos (THD %V)	Fase 1	3,5	0	0,14	Si	0% está fuera de los límites permitidos
	Fase 2	3,6	0	0,14	Si	0% está fuera de los límites permitidos
	Neutro	0	0	0	Si	0% está fuera de los límites permitidos

Tabla 3.10. Mediciones con analizador de redes para el transformador (N7-CNEL 112216)

Parámetros		Máximo	Mínimo	Promedio	Cumple Regulación 002-20	Observaciones
Factor de Potencia	Fase 1	0,99	0	0,89	No	57% de la muestra está fuera de los límites permitidos
	Fase 2	0,97	0,3	0,02	No	7% de la muestra está fuera de los límites permitidos
Voltaje (V)	Fase 1	131,33	0	126,57	Si	95% de la muestra es menor al +-8 % del límite permitido
	Fase 2	131,47	119,53	126,72	Si	95% de la muestra es menor al +-8 % del límite permitido
	Total	131,38	61,99	126,64	Si	95% de la muestra es menor al +-8 % del límite permitido
Corriente (A)	Fase 1	92,73	14,08	32,15		
	Fase 2	28	0	1,21		
	Neutro	48	2,12	10,53		
Flicker Pst	Fase 1	7,07	0,00	0,63	No	El 11% está fuera del límite permitido
	Fase 2	22,57	21,44	22,56	No	El 100% está fuera del límite permitido
Armónicos (THD %V)	Fase 1	0	0	0	Si	El 0% está fuera del límite permitido
	Fase 2	3,3	0	0,15	Si	El 0,1% está fuera del límite permitido

Tabla 3.11. Mediciones con analizador de redes para el transformador (N8-CNEL 112217)

Parámetros		Máximo	Mínimo	Promedio	Cumple Regulación 002-20	Observaciones
Factor de Potencia	Fase 1	0,99	0,8	0,93	No	30% de la muestra está fuera de los límites permitidos
	Fase 2	0,99	0,81	0,92	No	40% de la muestra está fuera de los límites permitidos
Voltaje (V)	Fase 1	125,16	116,75	121,07	Si	El 0 % es menor al +-8 % del límite permitido.
	Fase 2	125,1	116,76	124,20	SI	El 0 % es menor al +-8 % del límite permitido
	Total	125,13	116,76	121,02	Si	El 0 % es menor al +-8 % del límite permitido
Corriente (A)	Fase 1	122,26	15,97	39,78		
	Fase 2	122,62	22,01	85,72		
	Neutro	49,46	2,05	15		
Flicker Pst	Fase 1	22,14	3,04	14,30	No	El 100% está fuera del límite permitido
	Fase 2	22,57	22,57	22,57	No	El 100% está fuera del límite permitido
Armónicos (THD %V)	Fase 1	3,5	0	0,15	Si	El 0% está fuera del límite permitido
	Fase 2	3,6	0	0,16	SI	El 0% está fuera del límite permitido

Tabla 3.12. Mediciones con analizador de redes para el transformador (N9-CNEL 112218)

Parámetros		Máximo	Mínimo	Promedio	Cumple Regulación 002-20	Observaciones
Factor de Potencia	Fase 1	1	0,79	0,9	No	57% de la muestra está fuera de los límites permitidos
	Fase 2	0,99	0,69	0,86	No	74% de la muestra está fuera de los límites permitidos
Voltaje (V)	Fase 1	128,06	120,96	124,92	Si	El 0 % es menor al +8 % del límite permitido
	Fase 2	128,1	120,93	124,93	Si	El 0 % es menor al +8 % del límite permitido
	Total	128,08	120,95	124,92	Si	El 0 % es menor al +8 % del límite permitido
Corriente (A)	Fase 1	80,17	11,18	24,78		
	Fase 2	67,72	8,15	24,66		
	Neutro	34,83	1,62	6,33		
Flicker Pst	Fase 1	22,57	8,60	21,61	No	El 100% está fuera del límite permitido
	Fase 2	22,57	20,94	22,57	No	El 100% está fuera del límite permitido
Armónicos (THD %V)	Fase 1	3,4	0	0,15	Si	El 0% está fuera del límite permitido
	Fase 2	3,5	0	0,15	Si	El 0% está fuera del límite permitido

3.4 ILUMINACIÓN EN LA CIUDADELA EL MAGISTERIO

3.4.1 ILUMINACIÓN PROMEDIO EN LAS CALLES Y ÁREAS COMUNALES

3.4.1.1 Mediciones de iluminación

Los resultados de usar a la norma CIE 115-2000 para la medición de iluminación de alumbrado público se muestra en la Tabla 3.13, la cual detalla los Luxes que existen en las diferentes calles del conjunto residencial el Magisterio. Sin embargo, las áreas comunales no contaban con iluminación por lo cual no existe registro (**Estudio de los puntos de iluminación acorde a su funcionalidad**).

Tabla 3.13. Nivel de iluminación por calles del conjunto residencial el Magisterio, horario entre 18:00 y 21:00 [19]

Calle	Número de Luminaria	Luxes en calle	Referencia Lx en calle
Calle-Principal	23	41,9	17
Calle-2	6	20,4	12
Calle-3	2	19,8	12
Calle-4	2	22,7	12

Calle-5	2	18,5	12
Calle-6	1	8,4	12
Calle-7	2	19,2	12
Calle-8	2	18,8	12
Calle-9	2	21,1	12
Calle-10	2	15,7	12
Calle-11	2	20,9	12
Calle-12	2	18,3	12
Calle-13	2	20,9	12
Calle-14	2	17,7	12
Calle-15	2	21,8	12
Calle-16	2	17,5	12
Calle-17	2	20,3	12
Calle-18	2	16,83	12
Calle-19	2	22,4	12
Calle-20	2	21,2	12
Calle-21	2	22,7	12
Calle-22	2	14,4	12

Calle -6; fuera de rango mínimo de Luxes.

3.4.1.2 Resultado del software DIALUX

Para la simulación en DIALUX se usaron luminarias de similares características que las instaladas en la ciudadela el Magisterio, siendo

En base al plano arquitectónico obtenido por parte de la ciudadela el Magisterio, se logró realizar la simulación de la ciudadela en el programa DIALUX en el horario de 20:00, ubicando las luminarias en los lugares que indica el plano. Para el caso se simuló en las superficies de las calles principal y secundarias, dando como resultado la Tabla 3.14, la cual detalla la luminancia promedio, iluminancia promedio, factor de uniformidad de luminancia y de iluminancia mínimos.

Tabla 3.14. Nivel de iluminación actual por calles del conjunto residencial el Magisterio en DIALUX, horario 20:00 configuración 1

Calle	Luminancia media [cd/m ²]	Iluminancia media [Lx]	Uniformidad de Luminancia	Uniformidad de Iluminancia
Calle-Principal	3.55	38.9	0.014	0.014
Calle-2	1.21	19.0	0.08	0.08
Calle-3	1.83	20.0	0.093	0.092
Calle-4	1.83	20.1	0.055	0.057
Calle-5	1.81	19.8	0.049	0.049
Calle-6	0.67	7.35	0.021	0.022
Calle-7	1.72	18.9	0.049	0.05

Calle-8	1.63	17.9	0.039	0.039
Calle-9	1.85	20.3	0.054	0.053
Calle-10	1.55	17.0	0.043	0.043
Calle-11	1.83	20.0	0.047	0.047
Calle-12	1.57	17.2	0.039	0.039
Calle-13	1.82	20.0	0.055	0.055
Calle-14	1.47	16.1	0.024	0.024
Calle-15	1.85	20.3	0.065	0.067
Calle-16	1.71	18.8	0.051	0.051
Calle-17	1.74	19.1	0.052	0.052
Calle-18	1.58	17.3	0.052	0.052
Calle-19	2.02	22.2	0.099	0.097
Calle-20	1.87	20.5	0.03	0.03
Calle-21	2.05	22.5	0.11	0.11
Calle-22	1.44	15.8	0.045	0.046

Las figuras 3.6 y 3.7 muestra la luminancia media, además se muestra el área comunal en la cual no lleva iluminación siendo un cuadro negro. Para las demás calles se puede ver en el archivo de DIALUX llamado iluminación Actual.

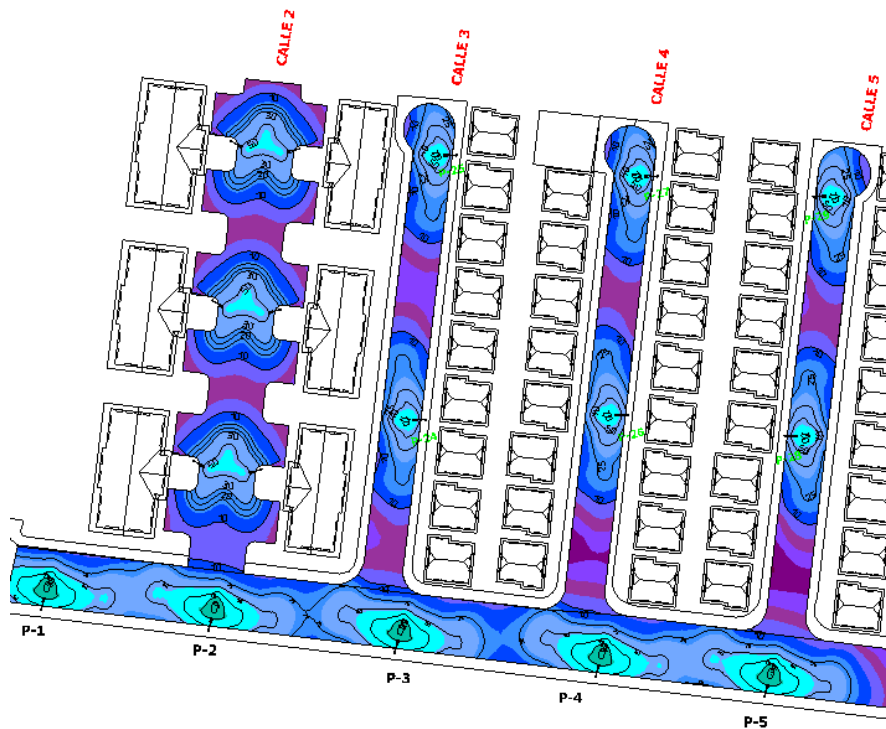


Figura 3.6. Resultado de simulación calles 2 a 5 y parte de calle principal

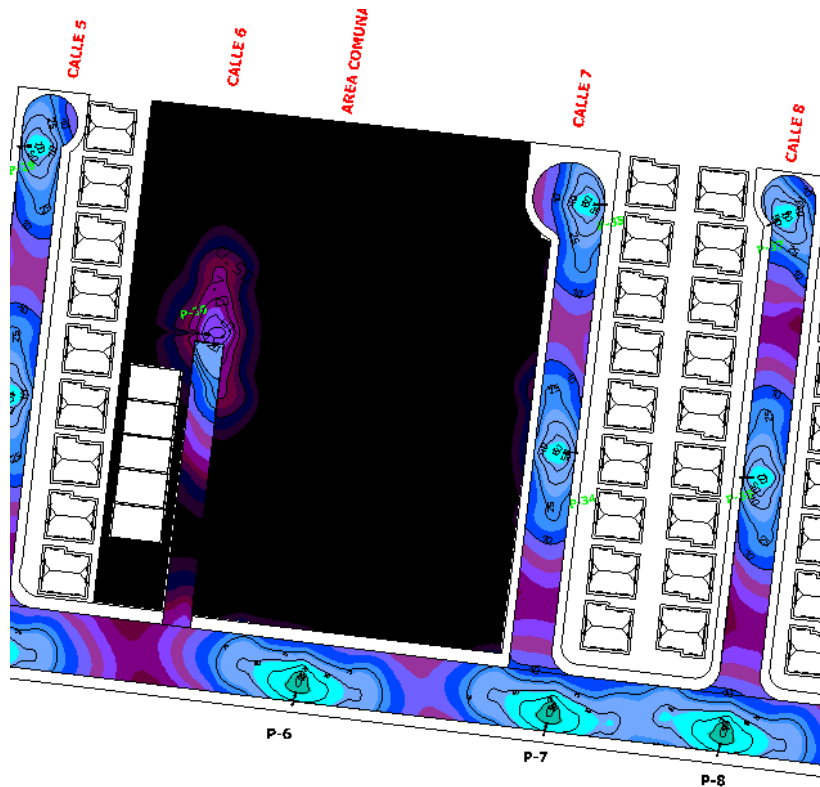


Figura 3.7. Resultado de simulación de calles 6 a 8 y área comunal 1

3.4.1.3 Comparación de mediciones y DIALUX

Como se puede observar en la Tabla 3.13 y 3.14 los valores de iluminancia son similares tanto en las mediciones como en la simulación. La Tabla 3.15 detalla el porcentaje de error para cada calle de la ciudadela.

Tabla 3.15. Nivel de iluminación por calles del conjunto residencial el Magisterio en DIALUX, horario 20:00

Calle	Luxes medido	Luxes Simulado	Error
Calle-Principal	41,9	38,9	7%
Calle-2	20,4	19	7%
Calle-3	19,8	20	1%
Calle-4	22,7	20,1	11%
Calle-5	18,5	19,8	7%
Calle-6	8,4	7,35	13%
Calle-7	19,2	18,9	2%
Calle-8	18,8	17,9	5%
Calle-9	21,1	20,3	4%
Calle-10	15,7	17	8%
Calle-11	20,9	20	4%

Calle-12	18,3	17,2	6%
Calle-13	20,9	20	4%
Calle-14	17,7	16,1	9%
Calle-15	21,8	20,3	7%
Calle-16	17,5	18,8	7%
Calle-17	20,3	19,1	6%
Calle-18	16,83	17,3	3%
Calle-19	22,4	22,2	1%
Calle-20	21,2	20,5	3%
Calle-21	22,7	22,5	1%
Calle-22	14,4	15,8	10%

Como se observa en la Tabla 3.15 el porcentaje de error es pequeño en las diferentes calles de la ciudadela, esto para la iluminancia la cual esta medida en luxes y según la sección 2.6 todas las calles excepto la calle 6 cumplen con los valores mínimos de iluminancia. Sin embargo, al no contar con valores medidos de luminancia se usaron los valores de la simulación del software DIALUX, en donde ninguna calle cumple con lo establecido en la sección 2.6 por lo cual se procedió a la corrección de la misma incrementando luminarias.

3.4.1.4 Corrección de iluminación en DIALUX

Para el cumplimiento de los límites de iluminancia y luminancia se realizaron modificaciones en la iluminación de la ciudadela el Magisterio, dando como resultado la Tabla 3.16, en donde la uniformidad de iluminancia y luminancia superan el 0.4 que indica la resolución ARCERNR 029-2020. De igual forma las áreas comunales no contaban en un inicio con iluminación para la cual se ingresaron luminarias en las 3 áreas comunales.

Las modificaciones realizadas se indican en la Tabla 3.17 y la ubicación de las mismas en el archivo Iluminación-corrección (**Guía de solución de eficiencia en iluminación**).

Tabla 3.17. Nivel de iluminación por calles de la ciudadela “El Magisterio” en DIALUX, horario 20:00 después de las correcciones para configuración 1

Calle	Luminancia media [cd/m ²]	Iluminancia media [Lx]	Uniformidad de Luminancia	Uniformidad de Iluminancia
Calle-Principal	4.61	50.5	0.42	0.42
Calle-2	2.65	41.6	0.40	0.40
Calle-3	2.36	25.9	0.54	0.54
Calle-4	2.53	27.8	0.50	0.50
Calle-5	2.46	27.0	0.42	0.42
Calle-6	2.98	32.7	0.59	0.59
Calle-7	2.62	28.7	0.38	0.38
Calle-8	2.09	22.9	0.48	0.48
Calle-9	1.98	21.7	0.40	0.40
Calle-10	1.98	21.7	0.48	0.49
Calle-11	1.99	21.8	0.45	0.45
Calle-12	1.57	22.9	0.40	0.40
Calle-13	2.02	22.1	0.46	0.46
Calle-14	2.06	22.6	0.42	0.42
Calle-15	2.41	26.4	0.41	0.41
Calle-16	2.10	23.0	0.40	0.41
Calle-17	3.26	35.8	0.52	0.53
Calle-18	2.11	23.1	0.45	0.45
Calle-19	2.19	24.0	0.41	0.41
Calle-20	2.32	25.4	0.44	0.44
Calle-21	2.31	25.4	0.43	0.43
Calle-22	2.90	31.8	0.43	0.43

Con el ingreso de las nuevas lámparas se logró conseguir un mejor nivel de luminancia e iluminancia tanto en las calles como en las áreas comunales en donde al inicio no contaban con iluminación las figuras 3.8,3.9,3.10 y 3.11 muestran el resultado de la simulación. En un inicio se realizó la simulación con lámparas de sodio como se indicó en la configuración e ingreso de las mismas de 250w, 150w y 100w, para posterior ser reemplazadas todas las lámparas por lámparas LED de 50w y 70w.

Tabla 3.18. Aumento de luminarias en las calles de la Ciudadela “El Magisterio”

Calle	Luminarias ingresadas	Calle	Luminarias ingresadas
Calle-Principal	26	Calle-14	2
Calle-2	20	Calle-15	2
Calle-3	3	Calle-16	2
Calle-4	3	Calle-17	2
Calle-5	3	Calle-18	2
Calle-6	2	Calle-19	2
Calle-7	3	Calle-20	2
Calle-8	2	Calle-21	2
Calle-9	2	Calle-22	4
Calle-10	2	Área comunal 1	27
Calle-11	2	Área comunal 2	30
Calle-12	2	Área comunal 3	20
Calle-13	2		

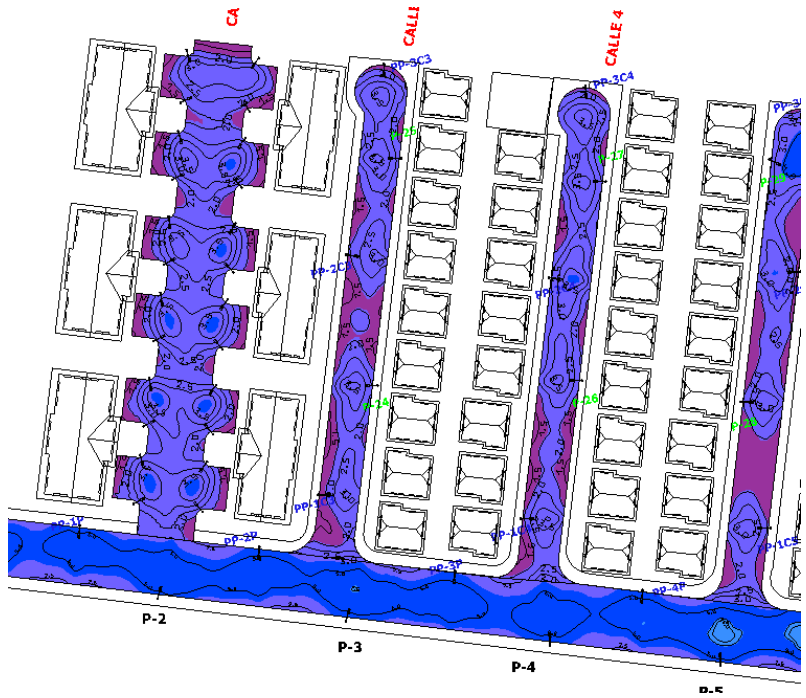


Figura 3.8. Resultado de simulación calles 2 a 5 y parte de calle principal

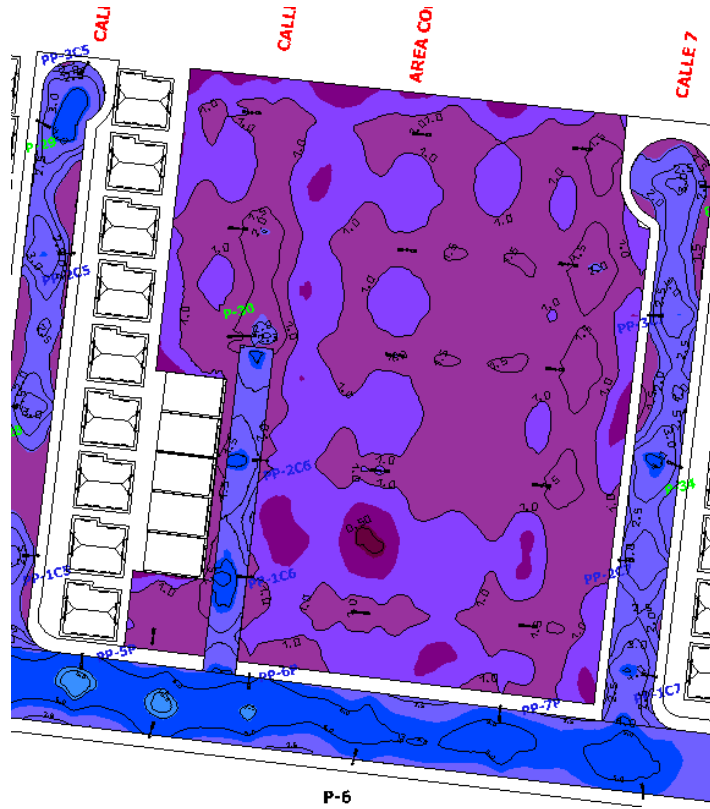


Figura 3.9. Resultado de simulación de calles 6 a 8 y área comunal 1

La misma simulación se realiza, pero cambiando todas las lámparas de sodio por lámparas LED de 50w y 70 w, obteniendo los mismos resultados e incluso superiores.

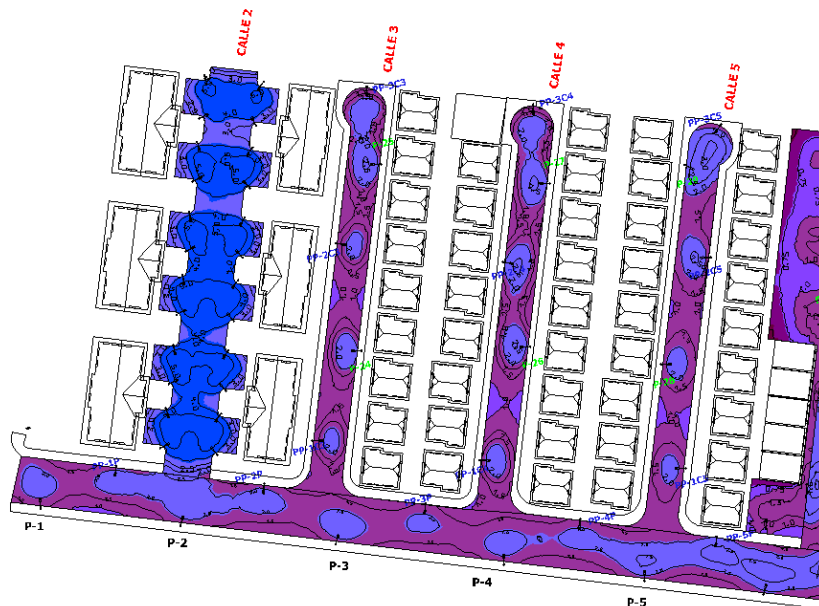


Figura 3.10. Resultado de simulación calles 2 a 5 y parte de calle principal con lámparas LED de 50w

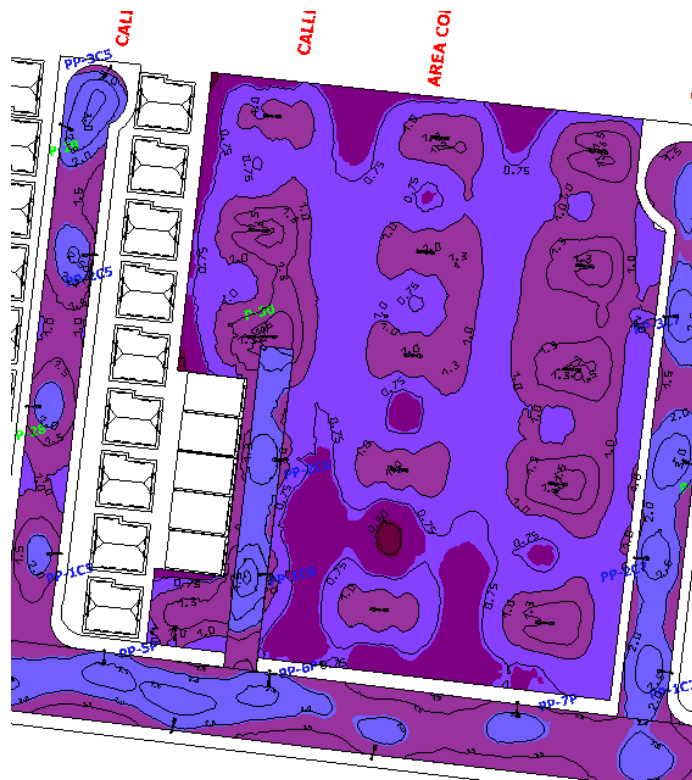


Figura 3.11. Resultado de simulación de calles 6 a 8 y área comunal 1 con lámparas LED de 50w

3.4.1.5 Análisis técnico económico del incremento de luminarias o reemplazos

Actualmente la ciudadela cuenta con 70 luminarias, después de corrección de luminancia e iluminancia las luminarias ascienden a un valor de 269 luminarias, las cuales cubren las calles y áreas comunales. Teniendo en cuenta que las luminarias se encenderán 12 horas, es decir, desde las 6pm hasta las 6 am la energía consumida por éstas se muestra en la Tabla 3.19.

Tabla 3.4.1.5 análisis de precios de lámparas

Proveedor	Marca	Descripción	Cantidad	Precio \$
JAMS-ELECTRIC	Osram	Luminaria para postería 70W Led /AP	1	295
JAMS-ELECTRIC	Osram	Luminaria para postería 50W Led /AP	1	274.9
JAMS-ELECTRIC	Hi Ligh	Luminaria LYNCIS 250W, sodio	1	229.5
JAMS-ELECTRIC	Hi Ligh	Luminaria LYNCIS-150W, Na	1	190.3
JAMS-ELECTRIC	Hi Ligh	Luminaria LYNCIS-100W, Na	1	178.64
RELECTRICA	Sylvania	Luminaria para postería 70W Led /AP	1	220
RELECTRICA	Sylvania	Luminaria para postería 50W Led /AP	1	212

RELECTRICA	Lyncis	Luminaria LYNCIS 250W, sodio	1	232
RELECTRICA	Lyncis	Luminaria LYNCIS-150W, Na	1	176
RELECTRICA	Lyncis	Luminaria LYNCIS-100W, Na	1	148

Tabla 3.19. Consumo actual - lámparas de sodio del conjunto el Magisterio

Calle	Luminarias de sodio	Potencia [w]	Tiempo horas	Días del Mes	kWh- mes	USD
Calle-Principal	23	250	12	30	2070	190.44
Calle-2	8	100	12	30	288	26.496
Calle-3	2	100	12	30	72	6.624
Calle-4	2	100	12	30	72	6.624
Calle-5	2	100	12	30	72	6.624
Calle-6	1	100	12	30	36	3.312
Calle-7	2	100	12	30	72	6.624
Calle-8	2	100	12	30	72	6.624
Calle-9	2	100	12	30	72	6.624
Calle-10	2	100	12	30	72	6.624
Calle-11	2	100	12	30	72	6.624
Calle-12	2	100	12	30	72	6.624
Calle-13	2	100	12	30	72	6.624
Calle-14	2	10	12	30	72	6.624
Calle-15	2	100	12	30	72	6.624
Calle-16	2	100	12	30	72	6.624
Calle-17	2	100	12	30	72	6.624
Calle-18	2	100	12	30	72	6.624
Calle-19	2	100	12	30	72	6.624
Calle-20	2	100	12	30	72	6.624
Calle-21	2	100	12	30	72	6.624
Calle-22	2	100	12	30	72	6.624
Área comunal 1	0	0	12	30	0	0
Área comunal 2	0	0	12	30	0	0
Área comunal 3	0	0	12	30	0	0
Precio kWh	0.092	Consumo total kWh mes	3762	Total, USD		346.104

En base a la tabla precedente se obteniendo un gasto total de \$346,104 por mes teniendo en cuenta que el kWh de CNEL Santo Domingo es de 9.2 centavos referencial.

Para las Tablas 3.20, 3.21, 3.22, 3.23 y 3.24 muestran diferentes configuraciones de potencias y precios de las lámparas por cotización de mercado, ya que la calle principal usa un valor diferente de potencia. También se indica el precio de ingresar lámparas por calle, así como el precio total del ingreso de éstas lámparas.

Tabla 3.20. Costo de lámparas sodio de 250w y 100w

Calle	Potencia [w]	Lámparas de sodio de ingreso	Precio Unitario USD	Precio Total USD
Calle-Principal	250	26	232	6032
Calle-2	100	20	148	2960
Calle-3	100	3	148	444
Calle-4	100	3	148	444
Calle-5	100	3	148	444
Calle-6	100	2	148	296
Calle-7	100	3	148	444
Calle-8	100	2	148	296
Calle-9	100	2	148	296
Calle-10	100	2	148	296
Calle-11	100	2	148	296
Calle-12	100	2	148	296
Calle-13	100	2	148	296
Calle-14	100	2	148	296
Calle-15	100	2	148	296
Calle-16	100	2	148	296
Calle-17	100	2	148	296
Calle-18	100	2	148	296
Calle-19	100	2	148	296
Calle-20	100	2	148	296
Calle-21	100	2	148	296
Calle-22	100	4	148	592

Área comunal 1	100	27	148	3996
Área comunal 2	100	30	148	4440
Área comunal 3	100	20	148	2960
Total, USD				27196

Tabla 3.22 Costo de lámparas sodio de 250w y 150w

Calle	Potencia [w]	Lámparas de sodio de ingreso	Precio Unitario USD	Precio Total USD
Calle-Principal	250	26	232	6032
Calle-2	100	20	148	2960
Calle-3	150	3	176	528
Calle-4	150	3	176	528
Calle-5	150	3	176	528
Calle-6	150	2	176	352
Calle-7	150	3	176	528
Calle-8	150	2	176	352
Calle-9	150	2	176	352
Calle-10	150	2	176	352
Calle-11	150	2	176	352
Calle-12	150	2	176	352
Calle-13	150	2	176	352
Calle-14	150	2	176	352
Calle-15	150	2	176	352
Calle-16	150	2	176	352
Calle-17	150	2	176	352
Calle-18	150	2	176	352
Calle-19	150	2	176	352
Calle-20	150	2	176	352
Calle-21	150	2	176	352
Calle-22	150	4	176	704

Área comunal 1	150	27	176	4752
Área comunal 2	150	30	176	5280
Área comunal 3	150	20	176	3520
Total, USD				30640

Tabla 3.23 Costo de lámparas LED de 70w

Calle	Potencia [w]	Lámparas LED de ingreso	Precio Unitario USD	Precio Total USD
Calle-Principal	70	26	220	5720
Calle-2	70	20	220	4400
Calle-3	70	3	220	660
Calle-4	70	3	220	660
Calle-5	70	3	220	660
Calle-6	70	2	220	440
Calle-7	70	3	220	660
Calle-8	70	2	220	440
Calle-9	70	2	220	440
Calle-10	70	2	220	440
Calle-11	70	2	220	440
Calle-12	70	2	220	440
Calle-13	70	2	220	440
Calle-14	70	2	220	440
Calle-15	70	2	220	440
Calle-16	70	2	220	440
Calle-17	70	2	220	440
Calle-18	70	2	220	440
Calle-19	70	2	220	440
Calle-20	70	2	220	440
Calle-21	70	2	220	440

Calle-22	70	4	220	880
Área comunal 1	70	27	220	5940
Área comunal 2	70	30	220	6600
Área comunal 3	70	20	220	4400
Total, USD				37180

Tabla 3.24 Costo de lámparas LED de 50w

Calle	Potencia [w]	Lámparas LED de ingreso	Precio Unitario USD	Precio Total USD
Calle-Principal	50	26	212	5512
Calle-2	50	20	212	4240
Calle-3	50	3	212	636
Calle-4	50	3	212	636
Calle-5	50	3	212	636
Calle-6	50	2	212	424
Calle-7	50	3	212	636
Calle-8	50	2	212	424
Calle-9	50	2	212	424
Calle-10	50	2	212	424
Calle-11	50	2	212	424
Calle-12	50	2	212	424
Calle-13	50	2	212	424
Calle-14	50	2	212	424
Calle-15	50	2	212	424
Calle-16	50	2	212	424
Calle-17	50	2	212	424
Calle-18	50	2	212	424
Calle-19	50	2	212	424
Calle-20	50	2	212	424

Calle-21	50	2	212	424
Calle-22	50	4	212	848
Área comunal 1	50	27	212	5724
Área comunal 2	50	30	212	6360
Área comunal 3	50	20	212	4240
Total, USD				35828

El número total de luminarias de sodio y precio unitario es detalla en las Tablas 3.20 a 3.22 es un precio referencial [25]. Sin embargo, se podría usar Luminarias LED cuyos precios se muestran en la Tabla 3.23 y 3.24, el cual es un valor mayor al de las lámparas de sodio. Sin embargo, debido a la alta eficiencia de las luminarias LED se puede reducir la potencia de las luminarias actuales obteniendo un mejor resultado esto se muestra en el archivo de DIALUX Iluminación LED en donde todas las calles mantienen o mejoran su nivel de iluminación, luminancia y también su uniformidad. Después del cambio de todas las luminarias de sodio a luminarias LED de 50W, se tiene un precio de 50668 dólares. Mientras que solo cambiar las 169 que se aumentaron para cumplir con los requerimientos da un costo de 35828 dólares (**Solución Técnica-Económica**).

La Tabla 3.25 muestra el consumo de energía y costo que tendría la ciudadela si se usarían lámparas de sodio. Se indica el costo por calle y costo total.

Tabla 3.25. Consumo de lámparas de sodio total

Calle	Luminarias de sodio	Potencia [w]	Tiempo horas	Días del Mes	kWh- mes	USD
Calle-Principal	49	250	12	30	4410	405.72
Calle-2	28	100	12	30	1008	92.736
Calle-3	5	100	12	30	180	16.56
Calle-4	5	100	12	30	180	16.56
Calle-5	5	100	12	30	180	16.56
Calle-6	3	100	12	30	108	9.936
Calle-7	5	100	12	30	180	16.56
Calle-8	4	100	12	30	144	13.248
Calle-9	4	100	12	30	144	13.248
Calle-10	4	100	12	30	144	13.248

Calle-11	4	100	12	30	144	13.248
Calle-12	4	100	12	30	144	13.248
Calle-13	4	100	12	30	144	13.248
Calle-14	4	100	12	30	144	13.248
Calle-15	4	100	12	30	144	13.248
Calle-16	4	100	12	30	144	13.248
Calle-17	4	100	12	30	144	13.248
Calle-18	4	100	12	30	144	13.248
Calle-19	4	100	12	30	144	13.248
Calle-20	4	100	12	30	144	13.248
Calle-21	4	100	12	30	144	13.248
Calle-22	6	100	12	30	216	19.872
Área comunal 1	27	100	12	30	972	89.424
Área comunal 2	30	100	12	30	1080	99.36
Área comunal 3	20	100	12	30	720	66.24
Precio kWh	0.092	Consumo total kWh mes	11250	Total, USD		1035

La Tabla 3.26 muestra el consumo de energía y costo que tendría la ciudadela si se usarían lámparas LED. Se indica el costo por calle y costo total.

Tabla 3.26. Consumo de lámparas LED total

Calle	Luminarias de sodio	Potencia [w]	Tiempo horas	Días del Mes	kWh- mes	USD
Calle-Principal	49	50	12	30	882	81.144
Calle-2	28	50	12	30	504	46.368
Calle-3	5	50	12	30	90	8.28
Calle-4	5	50	12	30	90	8.28
Calle-5	5	50	12	30	90	8.28
Calle-6	3	50	12	30	54	4.968
Calle-7	5	50	12	30	90	8.28
Calle-8	4	50	12	30	72	6.624
Calle-9	4	50	12	30	72	6.624
Calle-10	4	50	12	30	72	6.624

Calle-11	4	50	12	30	72	6.624
Calle-12	4	50	12	30	72	6.624
Calle-13	4	50	12	30	72	6.624
Calle-14	4	50	12	30	72	6.624
Calle-15	4	50	12	30	72	6.624
Calle-16	4	50	12	30	72	6.624
Calle-17	4	50	12	30	72	6.624
Calle-18	4	50	12	30	72	6.624
Calle-19	4	50	12	30	72	6.624
Calle-20	4	50	12	30	72	6.624
Calle-21	4	50	12	30	72	6.624
Calle-22	6	50	12	30	108	9.936
Área comunal 1	27	50	12	30	486	44.712
Área comunal 2	30	50	12	30	540	49.68
Área comunal 3	20	50	12	30	360	33.12
Precio kWh	0.092	Consumo total kWh mes	4302	Total, USD		395.784

Al comparar las Tablas 3.25 y 3.26 resultando la opción de cambiar todas las lámparas de sodio por lámparas LED de 50 w cuyo costo de consumo al mes es similar al actual, pero este con un nivel de iluminación acorde a la regulación.

Tabla 3.27. Resumen de consumo de energía eléctrica

	Consumo Actual [kWh-mes]	Consumo ingreso lámparas de sodio 250w y 100 w [kWh-mes]	Consumo ingreso lámparas de sodio 250w y 150 w [kWh-mes]	Consumo ingreso lámparas LED 50w [kWh-mes]
kWh-mes	3762	11250	14166	4302
USD	346.104	1035	1303.272	395.784

3.4.1.6 Selección de transformadores

Después de ingresar la demanda de cocinas de inducción y aumento de luminarias es necesario el cambio de transformadores ya que su capacidad actual no logra abastarse a la nueva demanda, dando como resultado la sobre carga de transformadores. La Tabla 3.28 muestra el flujo de potencia del alimentador con el ingreso de la nueva demanda de cocinas de inducción y alumbrado público (**Solución de uso eficiente de energía a través de transformadores**).

Tabla 3.28. Flujo de carga con transformadores actualmente instalados con sobrecarga

Nro. equipo	Id equipo	Código	Cap Nom (kVA)	Tens prim (kVLL)	Tens sec (kVLL)	Potencia total de paso (kW)	Potencia total de paso (kvar)	Potencia total de paso (kVA)	Fp promedio (%)	IEquil (A)	Desfase I (°)	Carga (%)
112209	TRANSFORMADOR 37.5 KVA	Transformador	37,50	7,97	0,12	44	5	44	99,37	5,5	-6,45	115,7
112210	TRANSFORMADOR 37.5 KVA	Transformador	37,50	7,97	0,12	44	5	44	99,36	5,6	-6,49	117,1
112211	TRANSFORMADOR 15 KVA	Transformador	15,00	7,97	0,12	32	3	32	99,56	4,1	-5,44	213,8
112212	TRANSFORMADOR 25 KVA	Transformador	25,00	7,97	0,24	37	3	37	99,71	4,6	-4,39	146,9
112213	TRANSFORMADOR 25 KVA	Transformador	25,00	7,97	0,24	43	3	43	99,70	5,4	-4,45	171,8
112214	TRANSFORMADOR 25 KVA	Transformador	25,00	7,97	0,24	43	3	43	99,70	5,4	-4,56	170,0
112215	TRANSFORMADOR 25 KVA	Transformador	25,00	7,97	0,24	39	3	39	99,71	4,9	-4,53	155,0
112216	TRANSFORMADOR 25 KVA	Transformador	25,00	7,97	0,24	41	3	41	99,70	5,2	-4,58	164,1
112217	TRANSFORMADOR 37.5 KVA	Transformador	37,50	7,97	0,12	48	6	49	99,31	6,1	-6,92	127,9
112218	TRANSFORMADOR 25 KVA	Transformador	25,00	7,97	0,24	34	3	34	99,71	4,2	-4,57	133,8
1703298	TRANSFORMADOR 50KVA	Transformador	50,00	7,97	0,24	24	2	24	99,74	3,0	-4,30	47,3
112220	TRANSFORMADO R 3F 50KVA	Transformador	50,00	13,80	127,00	0	0	0	100,00	0,0	-0,04	0,0

En las filas en color amarillo de la tabla 3.28 indican una sobrecarga en los transformadores actuales, así también se incluye el transformador actual y el nuevo transformador, incluido los rediseños con las sugerencias de mejora implementadas.

Tabla 3.29. Capacidad de Transformadores

Código	Transformador Actual [kVA]	Demanda máxima Actual [kVA]	Ingreso de cocinas de inducción [kVA]	Ingreso de nueva luminaria [kVA]	Nueva demanda [kVA]	Nuevo Transformador [kVA]
112209	37.5	20.07375	22.15	1.2	43.42375	50
112210	37.5	20.5875	22.15	1	43.7375	50
112211	15	8.718	22.15	1.6	32.468	37.5
112212	25	13.3825	22.15	0.65	36.1825	50
112213	25	19.615	22.15	0.65	42.415	50
112214	25	19.1625	22.15	0.65	41.9625	50

112215	25	15.4225	22.15	1.6	39.1725	50
112216	25	17.68	22.15	1.75	41.58	50
112217	37.5	24.60375	22.15	0.6	47.35375	50
112218	25	10.6075	22.15	0.9	33.6575	37.5
1703298	50	0.285	22.15	0.8	23.235	50
112220	50	0	22.15	0	22.15	50

Mediante Cymdist se realizó nuevamente un flujo de potencia incluyendo la nueva demanda obteniendo una corriente en el alimentador de 21,2 A en la fase B y 32,8 A en la fase C, este flujo se muestra en las Figuras 3.12, 3.13, 3.14, 3.15. La nueva demanda implica el cambio de los transformadores como se muestran en la Tabla 3.29, si se toma en cuenta un futuro incremento se seleccionará a todos los transformadores de 50 kVA, debido al cálculo de potencia requerida de cada transformador de acuerdo a la tabla 3.28.

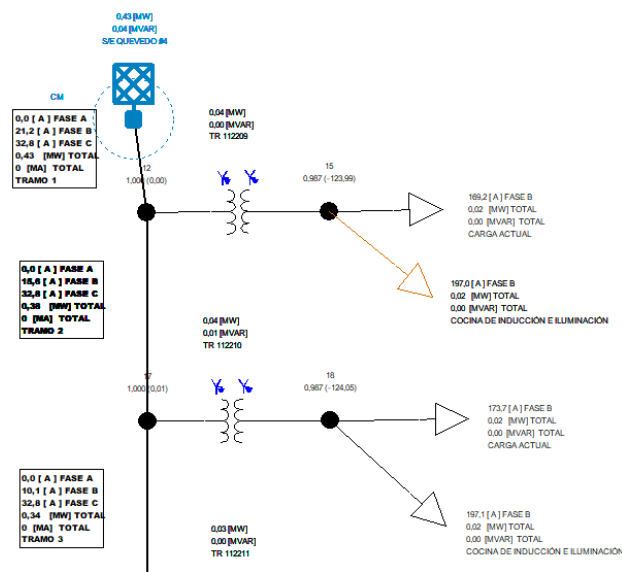


Figura 3.12. Flujo de potencia tramo 1,2,3

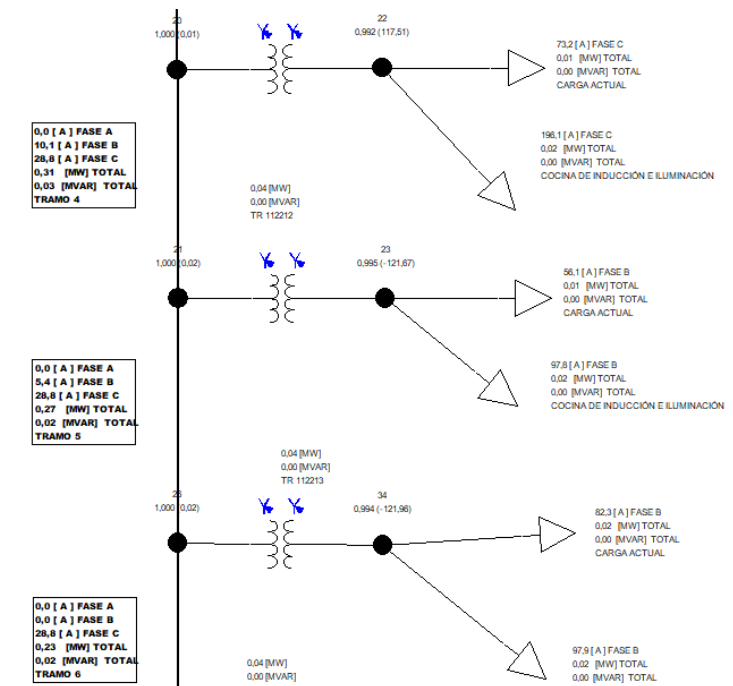


Figura 3.13. Flujo de potencia tramo 4,5,6

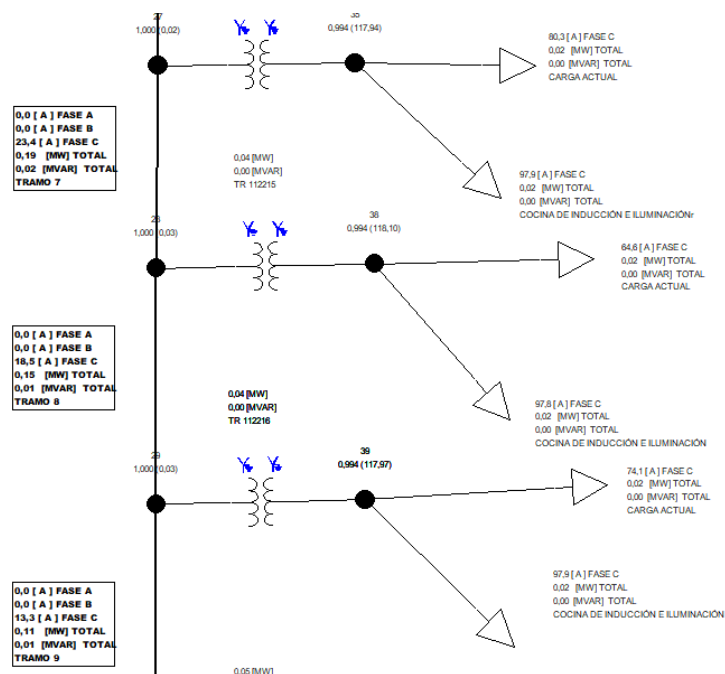


Figura 3.14. Flujo de potencia tramo 7,8,9

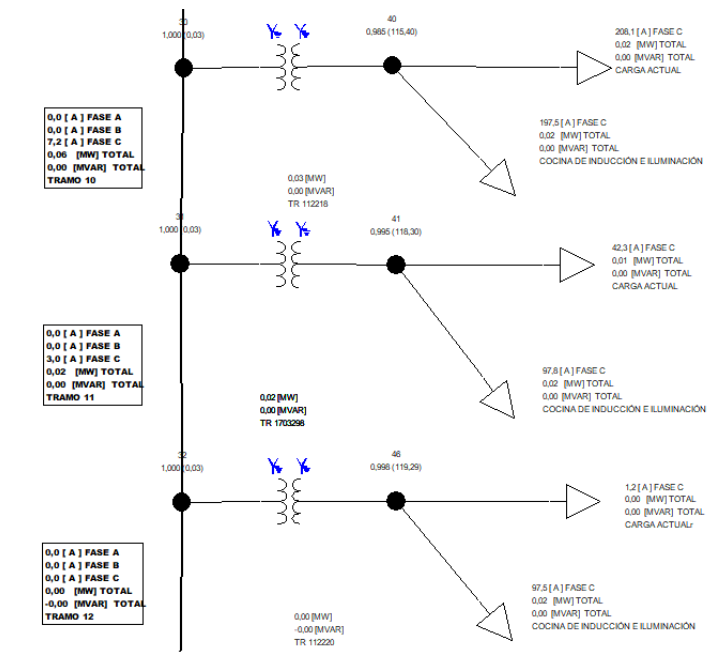


Figura 3.15. Flujo de potencia tramo 10,11,12

El alimentador al tener una capacidad de 184 A no necesita una repotenciación ya que las corrientes que circulan por las fases B y C son de 21,2 A y 32,8 A respectivamente. Para el costo de transformadores de 37.5 kVA y 50 kVA se escogió la marca Intra por tener mejores características técnicas en relación al precio ya que se deben cambiar los transformadores para evitar sobrecarga. Sin embargo, en la Tabla 3.29 se muestra que se necesitan transformadores de 37.5 kVA, para lo cual se puede usar los que serán reemplazados por 50 kVA por lo cual el transformador 112211 usaría el transformador 112209 y el transformador 112218 usaría el transformador 112210, esto siempre y cuando se encuentren en buen estado y análisis de su vida útil (**Energía del alimentador y su abastecimiento**).

La Tabla 3.30 muestra la flota de transformadores sin considerar el reúso de los transformadores de 37.5 kVA.

Tabla 3.30. Precio de Transformadores a ser usados en la nueva demanda

Transformadores requeridos	Potencia [kVA]	Voltaje [kV]	Precio unitario USD	Precio Total USD
0	25	13.8/ 7.96	1405	0
2	37.5	13.8/ 7.96	1824.57	3649.14
8	50	13.8/ 7.96	2136.23	17089.84
Total, USD				20738.98

La Tabla 3.31 muestra la flota de transformadores considerando el reúso de los transformadores de 37.5 kVA.

Tabla 3.31. Precio de Transformadores a ser usados en la nueva demanda

Transformadores requeridos	Potencia [kVA]	Voltaje [kV]	Precio unitario USD	Precio Total USD
0	25	13.8/ 7.96	1405	0
0	37.5	13.8/ 7.96	1824.57	0
8	50	13.8/ 7.96	2136.23	17089.84
Total, USD				17089.84

ESTUDIO DE MERCADO POR COTIZACION:

Se escoge la marca INATRA por las características técnicas en relación al precio de otras marcas.

Proveedor	Marca	Descripción	Cantidad	Precio \$
JAMS-ELECTRIC	Moretran	TRAFO 1F 50kVA CSP 13800	1	3120
CONELECTRIC	Moretrans	TRANSF. 1F 50KVA CSP 13800/7970-120/240V	1	2632
RELECTRICA	Inatra	TRAFO 1F 50kVA CSP 13800	1	2136.23
Proveedor				
Proveedor	Marca	Descripción	Cantidad	Precio \$
CONELECTRIC	INATRA	TRANSF. 1F 25KVA CSP 13800/7970-120/240V	1	1906.78
RELECTRICA	Inatra	TRAFO 1F 25kVA CSP 13800	1	1405.02
Proveedor				
Proveedor	Marca	Descripción	Cantidad	Precio \$
CONELECTRIC		TRANSF. 1F 37.5KVA CSP 13800/7970-120/240V	1	2192.96
RELECTRICA	Inatra	TRANSF. 1F 37.5KVA CSP 13800-120/240V	1	1824.57

Tabla 3.31A análisis de precios de transformadores monofásicos.

Una vez finalizado se debe realizar un balance de las fases cambiando la conexión de los transformadores, para este caso se cambia el transformador 112218 de 37.5 kVA de la fase C a la fase B obteniendo las corrientes de 25.3A en la fase B y 28,5 A en la fase C.

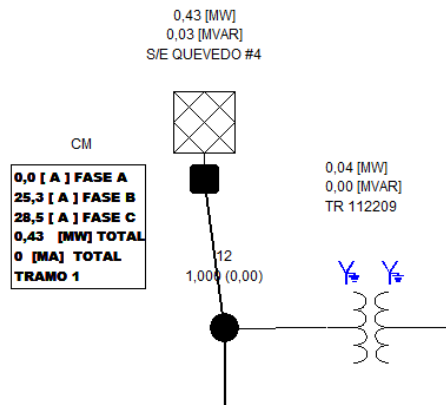


Figura 3.16. Balance de corrientes

Finalmente, el costo total del rediseño haciendo uso de las consideraciones mencionadas anteriormente se muestran 4 configuraciones posibles, esto se indica en la Tabla 3.32 (Guía y análisis técnico Económico).

Tabla 3.32 Costo del rediseño

	Incremento parcial de lámparas	Cambio total de lámparas	Con reusó de transformadores	Sin reusó de transformadores
USD	35828	50668	17089.84	20738.98
Configuración 1	X		X	
Configuración 2	X			X
Configuración 3		X	X	
Configuración 4		X		X
Total, USD configuración 1	52917.84			
Total, USD configuración 2	56566.98			
Total, USD configuración 3	67757.84			
Total, USD configuración 4	71406.98			

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES

- El incremento de carga instalada por las cocinas de inducción con lleva a un cambio de transformadores actuales, en su mayoría los transformadores actuales son de 25 kVA, después del ingreso de 20 cocinas de inducción provoca que el transformador incremente a 50kVA, para esto se consideró que las cocinas de inducción tienen una potencia de 3kW. Además, dentro de este cambio de transformador también se consideró el aumento de luminarias en las diferentes calles.
- Se logro obtener de forma óptima los datos referentes a la demanda energética en instalaciones eléctricas de bajo voltaje del conjunto del Magisterio, por lo es posible actualizar los datos logrando un estudio más real del requerimiento del sector.
- Fue posible con los valores obtenidos determinar la carga eléctrica instalada en el conjunto del Magisterio brindada por los 9 trasformadores, además, con los datos reales se identifica algunos problemas en la eficiencia como FP bajo y los Flicker.
- Con levantamiento de datos se verifica que (en varios espacios de área comunal) se cumplen los estándares y normativas referentes a los puntos de iluminación tomando en cuenta las funciones que se requieren en cada espacio.
- Con el análisis de carga instalada en el conjunto actual teniendo como referencia que en el futuro va a existir aumento del requerimiento energético debido a la aceptación de las cocinas de inducción y crecimiento usual de demanda energética del conjunto, se estimó que si es viable el uso actual del alimentador primario de la red pública encargando de suministrar la energía.
- Finalmente se debe realizar un balance de las fases del alimentador cambiando el transformador 112218 de la fase C a la fase B lo cual provocó que las corrientes que circulan por las fases B y C son de 21,2 A y 32,8 A respectivamente a corriente por la fase B 25,3 A y fase C 28.5 A.

4.2. RECOMENDACIONES

-Se recomienda que las construcciones actuales de los conjuntos habitacionales, cumplan con las regulaciones referente al alumbrado público de eficiencia energética, para tener un cuidado del medio ambiente, ya que generalmente no se cumplen las normas de eficiencia energética.

-Cuando se realiza el levantamiento de la carga instalada es necesario considerar el factor de carga de a un conjunto residencial para que los datos obtenidos sean lo más cercanos a la realidad.

-Al realizar el análisis de carga en un lugar amplio como un conjunto residencial es necesario realizar un estudio individual de cada uno del transformador, debido a que cada transformador puede presentar inconvenientes de forma particular.

- Cuando se presenta una sobrecarga en un transformador es necesario cambiarlo a uno de una capacidad mayor, en el cual también es necesario considerar el aumento futuro de carga para brindar un funcionamiento óptimo en toda su vida útil.

-Se recomienda realizar mantenimiento y cambio en las luminarias actuales, por otras de mejor tecnología o amigable con el medio ambiente, para evitar problemas de calidad de energía derivados por el envejecimiento de los materiales.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] A. Arellano Martínez, D. Mireles Huerta y R. d. J. Samayoa Castillo, Mejora de la confiabilidad en el edificio Valdés Vallejo de la UNAM. Capítulo 2 Calidad de la Energía, Mexico: UNAM, 2012.
- [2] ARCERNNR, Regulación No ARCERNNR - 002/20 (Codificada), Ecuador, 2023.
- [3] CONELEC, Regulación CONELEC 004/01 "Calidad de Servicio Eléctrico de Distribución", Mayo 2001.
- [4] S. R. Castano, Redes de Distribucion de energia, COLOMBIA: UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA SEDE MANIZALES, 2004.
- [5] O. Sofia Monsserrath, Auditoria energetica del edificio de sistemas de la Escuela Politecnica Nacional, Quito: Escuela Politecnica Nacional, 2018.
- [6] S. Ramos Munté, Cálculo luminotécnico del alumbrado público de una calle en zona urbana, Tarragona: Universitat Rovira I Virgili, 2016.
- [7] C. M. Montserrat, «Curso on-line de iluminacion,» [En línea]. Available: <https://grlum.dpe.upc.edu/manual/fundamentosIluminacion-magnitudesLuminosas.php>. [Último acceso: 19 Enero 2022].
- [8] R. A. Ayala Lopez, Analisis de las perdidas de potencia y energia en las lamparas y sus componentes y determinacion del tiempo de funcionamiento del sistema de alumbrado publico, Quito: Escuela Politecnica Nacional, 2020.
- [9] M. M. Monroy, Manual de iluminacion, Gran Canaria: Universidad de Las palmas de Gran Canaria, 2006.
- [10] C. Morente, «Fuentes de luz y equipos auxiliares,» 2015. [En línea]. Available: <https://grlum.dpe.upc.edu/manual/sistemasIluminacion-fuentesDeLuz.php>. [Último acceso: 19 01 2022].
- [11] «Prisma luz Proyectos de iluminacion,» [En línea]. Available: <http://www.prismaluz.es/indice-de-reproduccion-cromatica/>. [Último acceso: 20 Enero 2022].
- [12] I. Mockey, J. Cuerdo y M. Rodríguez, «SCIELO,» 2018. [En línea]. Available: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59012012000100004. [Último acceso: 22 Enero 2022].
- [13] N. Castilla Cabanes y A. Martínez Antón, Criterios de elección de luminarias, Valencia: E.T.S. Arquitectura , 1995.
- [14] A. 2. L. y. equipos, UNE'EN 60598-Luminarias Parte 1: Requisitos generales y ensayos, Madrid: Asociacion Española de Normalizacion y Certificacion, 2005.

- [15] «cefire,» [En línea]. Available: http://cefire.edu.gva.es/pluginfile.php/199806/mod_resource/content/0/contenidos/009/luminotecnia/31__tipos_de_lmparas.html. [Último acceso: 22 Enero 2022].
- [16] «AREATECNOLOGIA,» [En línea]. Available: <https://www.areatecnologia.com/lamparas-led.html>. [Último acceso: 24 Enero 2022].
- [17] «INELDEC INGENIERIA ELECTRICA,» [En línea]. Available: <https://ineldec.com/producto/luminaria-led-de-50w-de-alumbrado-publico/>. [Último acceso: 25 Enero 2022].
- [18] LUZTECO, Lámparas de inducción magnética, Barcelona.
- [19] ARCERNNR, RESOLUCION ARCERNNR -007/23 Prestación del servicio de alumbrado Público General, Ecuador: ARCERNNR, 2023.
- [20] «DIALUX,» 2022, [En línea]. Available: <https://www.dialux.com/en-GB/>. [Último acceso: 26 Enero 2022].
- [21] G. C. Maldonado Espinosa, “DEMANDA DE LAS COCINAS DE INDUCCIÓN APLICADO A LA PARROQUIA RURAL EL VALLE, CANTÓN CUENCA, ANÁLISIS COMPARATIVO 2014-2015, Cuenca: COMPARATIVO 2014-2015, 2016.
- [22] E. e. Quito, Normas para sistemas de distribución Parte A, Quito: EEQ, 2014.
- [23] E. D. E. D. BOYACA, REGLAMENTO TÉCNICO DE ILUMINACIÓN Y ALUMBRADO PÚBLICO, EBSA, 2010.
- [24] S. e. d. Normalización, RESOLUCIÓN No. 17 035 REGLAMENTO TÉCNICO ECUATORIANO RTE INEN 101 “ARTEFACTOS ELECTRODOMÉSTICOS PARA COCCIÓN POR INDUCCIÓN”, Ecuador, 2017.
- [25] M. R. Otrorongo Cornejo, Análisis Técnico económico de factibilidad de implementación de sistemas de alumbrado público inteligente, Quito: Escuela Politécnica Nacional, 2021.

ANEXOS

1.-Datos Cymdist

Son los archivos referentes a la simulación del alimentador analizado con el programa CYMDIST que se usa para el análisis de sistemas de distribución.

1.1.-Alimentador ciudadela el magisterio 50kVA

Archivo de la reconfiguración de los transformadores del conjunto habitacional, por unos de 50kVA para poder suplir la tentativa demanda de los cambios en iluminación como por cocinas de inducción.

1.2.-Alimentador ciudadela el magisterio.

Archivo de los transformadores del conjunto habitacional, con la demanda actual.

1.3.-datos

Archivo de las librerías creadas para la simulación del conjunto habitacional con los cambios de la demanda de iluminación como de cocinas de inducción.

2.-Alimentador

Es un archivo Excel donde se muestran las tablas de:

2.1.-Alimentador

Tablas de Cargabilidad de los transformadores del conjunto habitacional.

2.2.-Luxes

Tabla de luxes por el número de luminarias por cada calle del conjunto habitacional.

2.3.- Factores de Coincidencia

Tabla de los factores de coincidencia para 40 usuarios.

2.4.-Precio de lámparas

Tabla de precios referenciales de lámparas de Sodio y LED, para el análisis económico.

2.5.-Precio transformadores

Tabla de precios referenciales para las opciones de reconfiguración de los transformadores.

2.6.-Consumo lámpara de sodio actual

Tabla del consumo actual de las luminarias de sodio del conjunto el Magisterio.

2.7.-Consumo lámpara de sodio-F

Tabla del consumo con el cambio o aumento de las luminarias de sodio del conjunto el Magisterio.

2.8.-Consumo lámpara LED-F

Tabla del consumo con el cambio o aumento de las luminarias LED del conjunto habitacional el Magisterio

2.9.-Tec-Eco

Tabla del análisis económico de las opciones de aumento o cambio parcial, total de las lámparas consumo ya sea por la misma tecnología o LED.

2.10.-Transformadores-50

Tabla del nuevo transformador que serviría para suplir la nueva demanda por el ingreso de cocinas de inducción como de luminarias.

2.11.-Flujo con sobre carga

Tabla de los valores de la simulación en CYME del flujo de carga, donde se evidencia que existe sobre carga en los transformadores en el estado actual del conjunto habitacional por aumento tentativo de la demanda, producida por cocinas de inducción como por aumento o cambio de las luminarias.

2.12.-Flujo sin sobre carga alimentador

Tabla de los valores de la simulación en CYME del flujo de carga, donde se visualiza la cargabilidad de los transformadores en el estado actual del conjunto habitacional el Magisterio.

3.-Analizador de redes

Es el consolidado de las tablas de las medidas realizadas a los transformadores en el lado de bajo voltaje, con el analizador de redes.

4.-Dialux

4.1.-ILU-Corrección luminarias LED 50W.

Es la simulación de las luminarias con el cambio por lámparas LED DE 50W.

4.2.-ILU-Corrección luminarias LED 70W.

Es la simulación de las luminarias con el cambio por lámparas LED DE 70W.

4.3.-ILU-Corrección luminarias sodio 150W.

Es la simulación de las luminarias con el cambio por lámparas LED de 150W.

4.4.-ILU-Actual de luminarias 100W.

Es la simulación actual de las luminarias de la ciudadela el Magisterio.

5.-Medidas de analizador de redes

5.1.-N1

Son las medidas de transformador N1:

5.1.1 Armónicos de voltaje-THD.

Son las medidas de la distorsión armónica de voltaje.

5.1.2 Corrientes.

Son las medidas del nivel de corriente.

5.1.3 Factor de potencia.

Son las medidas del factor de potencia.

5.1.4 Pst.

Son las medidas de perturbaciones rápidas de voltaje (Flicker).

5.1.5 Voltaje.

Son las medidas del nivel de voltaje.

5.2.-N2

Son las medidas de transformador N2:

5.2.1 Armónicos de voltaje-THD.

Son las medidas de la distorsión armónica de voltaje.

5.2.2 Corrientes.

Son las medidas del nivel de corriente.

5.2.3 Factor de potencia.

Son las medidas del factor de potencia.

5.2.4 Pst.

Son las medidas de perturbaciones rápidas de voltaje (Flicker).

5.2.5 Voltaje.

Son las medidas del nivel de voltaje.

5.3.-N3

Son las medidas de transformador N3:

5.3.1 Armónicos de voltaje-THD.

Son las medidas de la distorsión armónica de voltaje.

5.3.2 Corrientes.

Son las medidas del nivel de corriente.

5.3.3 Factor de potencia.

Son las medidas del factor de potencia.

5.3.4 Pst.

Son las medidas de perturbaciones rápidas de voltaje (Flicker).

5.3.5 Voltaje.

Son las medidas del nivel de voltaje.

5.4.-N4

Son las medidas de transformador N4:

5.4.1 Armónicos de voltaje-THD.

Son las medidas de la distorsión armónica de voltaje.

5.4.2 Corrientes.

Son las medidas del nivel de corriente.

5.4.3 Factor de potencia.

Son las medidas del factor de potencia.

5.4.4 Pst.

Son las medidas de perturbaciones rápidas de voltaje (Flicker).

5.4.5 Voltaje.

Son las medidas del nivel de voltaje.

5.5.-N5

Son las medidas de transformador N5:

5.5.1 Armónicos de voltaje-THD.

Son las medidas de la distorsión armónica de voltaje.

5.5.2 Corrientes.

Son las medidas del nivel de corriente.

5.5.3 Factor de potencia.

Son las medidas del factor de potencia.

5.5.4 Pst.

Son las medidas de perturbaciones rápidas de voltaje (Flicker).

5.5.5 Voltaje.

Son las medidas del nivel de voltaje.

5.6.-N6

Son las medidas de transformador N6:

5.6.1 Armónicos de voltaje-THD.

Son las medidas de la distorsión armónica de voltaje.

5.6.2 Corrientes.

Son las medidas del nivel de corriente.

5.6.3 Factor de potencia.

Son las medidas del factor de potencia.

5.6.4 Pst.

Son las medidas de perturbaciones rápidas de voltaje (Flicker).

5.6.5 Voltaje.

Son las medidas del nivel de voltaje.

5.7.-N7

Son las medidas de transformador N7:

5.7.1 Armónicos de voltaje-THD.

Son las medidas de la distorsión armónica de voltaje.

5.7.2 Corrientes.

Son las medidas del nivel de corriente.

5.7.3 Factor de potencia.

Son las medidas del factor de potencia.

5.7.4 Pst.

Son las medidas de perturbaciones rápidas de voltaje (Flicker).

5.7.5 Voltaje.

Son las medidas del nivel de voltaje.

5.8.-N8

Son las medidas de transformador N8:

5.8.1 Armónicos de voltaje-THD.

Son las medidas de la distorsión armónica de voltaje.

5.8.2 Corrientes.

Son las medidas del nivel de corriente.

5.8.3 Factor de potencia.

Son las medidas del factor de potencia.

5.8.4 Pst.

Son las medidas de perturbaciones rápidas de voltaje (Flicker).

5.8.5 Voltaje.

Son las medidas del nivel de voltaje.

5.9.-N9

Son las medidas de transformador N9:

5.9.1 Armónicos de voltaje-THD.

Son las medidas de la distorsión armónica de voltaje.

5.9.2 Corrientes.

Son las medidas del nivel de corriente.

5.9.3 Factor de potencia.

Son las medidas del factor de potencia.

5.9.4 Pst.

Son las medidas de perturbaciones rápidas de voltaje (Flicker).

5.9.5 Voltaje.

Son las medidas del nivel de voltaje.

6.-Guía de rediseño

Es una guía rápida del estado de energía actual en la ciudadela "El Magisterio" y las posibles soluciones para mitigar los problemas eléctricos de iluminación, como del aumento natural de la demanda, considerando el uso de cocinas de inducción dentro de los parámetros técnicos de las regulaciones eléctricas Nacionales.

ORDEN DE EMPASTADO