



Universidad
Nacional de
Ingeniería

Dirección de Área de Conocimiento Industria y Producción

“Elaboración de manual técnico de diseño del alumbrado público de Nicaragua”

Trabajo Monográfico para optar al título de
Ingeniero Eléctrico

Elaborado por:

Br. Bryam Eloy
Aguilar Chavarría
Carnet: 2013-61016

Br. Elizabeth Yocasta
Blanco Vílchez
Carnet: 2011-37479

Br. Gerson Octavio
Muñoz Mojica
Carnet: 2013-61176

Tutor:

MSc. Pedro Joaquín
Pérez Orozco

27 de marzo de 2025
Managua, Nicaragua



Dirección de Área
de Conocimiento
Industria y Producción

SECRETARIA DE ÁREA ACADÉMICA

F-8: CARTA DE FINALIZADO PLAN DE ASIGNATURA

El Suscrito Secretario del **AREA DE CONOCIMIENTO INDUSTRIA Y PRODUCCIÓN** hace constar que:

BLANCO VILCHEZ ELIZABETH YOCASTA

Carné: **2011-37479** Turno: **Diurno** Plan de Asignatura: **2015** de conformidad con el Reglamento Académico vigente en la Universidad, ha aprobado todas las asignaturas correspondientes a la carrera de **INGENIERÍA ELECTRICA**, en el año 2016 y solo tiene pendiente la realización de una de las formas de culminación de estudio.

Se extiende la presente **CARTA DE FINALIZADO PLAN DE ASIGNATURA**, a solicitud del interesado en la ciudad de Managua, a los veinte y siete días del mes de marzo del año dos mil veinte y cinco.

Atentamente,



Msc. Arlen Patricia Reyes Gómez
SECRETARIO DE ÁREA ACADÉMICA



Móvil: (505) 2251 8276



Recinto Universitario Pedro Aráuz Palacios
Costado Sur de Villa Progreso,
Managua, Nicaragua.





Dirección de Área
de Conocimiento
Industria y Producción

SECRETARIA DE ÁREA ACADÉMICA

F-8: CARTA DE FINALIZADO PLAN DE ASIGNATURA

El Suscrito Secretario del **AREA DE CONOCIMIENTO INDUSTRIA Y PRODUCCIÓN** hace constar que:

AGUILAR CHAVARRIA BRYAM ELOY

Carné: **2013-61016** Turno: **Diurno** Plan de Asignatura: **2015** de conformidad con el Reglamento Académico vigente en la Universidad, ha aprobado todas las asignaturas correspondientes a la carrera de **INGENIERÍA ELECTRICA**, en el año 2017 y solo tiene pendiente la realización de una de las formas de culminación de estudio.

Se extiende la presente **CARTA DE FINALIZADO PLAN DE ASIGNATURA**, a solicitud del interesado en la ciudad de Managua, a los veinte y siete días del mes de marzo del año dos mil veinte y cinco.

Atentamente,

Msc. Arlen Patricia Reyes González
SECRETARIO DE ÁREA ACADÉMICA



Móvil: (505) 2251 8276



Recinto Universitario Pedro Aráuz Palacios
Costado Sur de Villa Progreso.
Managua, Nicaragua.





Dirección de Área
de Conocimiento
Industria y Producción

SECRETARIA DE ÁREA ACADÉMICA

F-8: CARTA DE FINALIZADO PLAN DE ASIGNATURA

El Suscrito Secretario del **AREA DE CONOCIMIENTO INDUSTRIA Y PRODUCCIÓN** hace constar que:

MUÑOZ MOJICA GERSON OCTAVIO

Carné: **2013-61176** Turno: **Diurno** Plan de Asignatura: **2015** de conformidad con el Reglamento Académico vigente en la Universidad, ha aprobado todas las asignaturas correspondientes a la carrera de **INGENIERÍA ELECTRICA**, en el año 2017 y solo tiene pendiente la realización de una de las formas de culminación de estudio.

Se extiende la presente **CARTA DE FINALIZADO PLAN DE ASIGNATURA**, a solicitud del interesado en la ciudad de Managua, a los veinte y siete días del mes de marzo del año dos mil veinte y cinco.

Atentamente,

Msc. Arlen Patricia Reyes Gomez
SECRETARIO DE ÁREA ACADÉMICA



Móvil: (505) 2251 8276



Recinto Universitario Pedro Aráuz Palacios
Costado Sur de Villa Progreso.
Managua, Nicaragua.



HOJA DE MATRICULA AÑO ACADEMICO 2025

No. Recibo **99999**

No. Inscripción **574**

NOMBRES Y APELLIDOS: Elizabeth Yocasta Blanco Vilchez

CARRERA: INGENIERÍA ELÉCTRICA

CARNET: 2011-37479

TURNO: Diurno

PLAN DE ESTUDIO: 2015

SEMESTRE : PRIMER SEMESTRE 2025

FECHA: 14/02/2025

No.	ASIGNATURA	GRUPO	AULA	CRED.	F	R
1	ULTIMA LINEA					

F:Frecuencia de Inscripciones de Asignatura R: Retiro de Asignatura.

RDGARCIA

GRABADOR

cc:ORIGINAL:ESTUDIANTE - COPIA:EXPEDIENTE.

IMPRESO POR SISTEMA DE REGISTRO ACADEMICO EL 27-mar.-2025

FIRMA DEL
ESTUDIANTE



Área de Conocimiento de
Ingeniería y Afines

Managua, 14 de febrero de 2024

Bachilleres

Bryam Eloy Aguilar Chavarría
Elizabeth Yacoska Blanco Vílchez
Gerson Octavio Muñoz Mojica

Estimado Bachilleres:

Es de mi agrado informarles que el PROTOCOLO de su tema monográfico, titulado. **"Elaboración de manual técnico de diseño del alumbrado público de Nicaragua"**. Ha sido aprobado por esta Dirección.

Asimismo, les comunico estar totalmente de acuerdo, que la **MSc. Pedro Joaquín Pérez Orozco**.

La fecha límite, para que presenten concluido su documento final, debidamente revisado por el tutor guía será el **14 de agosto de 2024**.

Esperando puntualidad en la entrega de la Tesis, me despido.

Atentamente,


MSc. Luis Alberto Chavarría Valverde
Director de Área de Conocimiento de
Ingeniería y Afines



CC: Tutor- **MSc. Pedro Joaquín Pérez Orozco**
Archivo



Teléfono: (505) 2251 8276



Recinto Universitario Pedro Aráuz Palacios
Costado Sur de Villa Progreso,
Managua, Nicaragua.



luis.chavarría@fti.uni.edu.ni
www.uni.edu.ni



Área de Conocimiento de Ingeniería y Afines

Managua, 14 de agosto de 2024

Bachilleres

Bryan Eloy Aguilar Chavarria

Elizabeth Yahoska Blanco Vilchez

Gerson Octavio Muñoz Mojica

Estimados Bres:

Por medio de la presente les comunico que esta Dirección autoriza prorroga por (3) tres meses (14 de noviembre 2024), para la entrega de trabajo Monográfico titulado: "Elaboración de manual técnico de diseño del alumbrado público de Nicaragua", bajo la Tutoría del MSc. Ing. Pedro Joaquín Pérez Orozco.

Sin otro particular, me despido.

Fraternalmente,

MSc. Luis Alberto Chavarria Valverde

Director

Área de Conocimiento de Ingeniería y Afines



Cc: Ing. Maria Fabiola Vanegas Martínez – Jefa de Departamento Docente Ing.
Eléctrica
Archivo. -



Teléfono: (505) 2251 8276



Recinto Universitario Pedro Aráuz Palacios
Costado Sur de Villa Progreso.
Managua, Nicaragua.



luis.chavarria@fti.uni.edu.ni
www.uni.edu.ni



Dirección de Área
de Conocimiento
Industria y Producción

Managua, 20 de enero de 2025

Bachilleres

Elizabeth Yocasta Blanco Vilchez

Bryam Eloy Aguilar Chavarria

Gerson Octavio Muñoz Mojica

Estimados Bres:

Por medio de la presente les comunico que esta Dirección autoriza **prorroga** de por 3 (tres) meses (**14 de febrero 2025**), para la entrega del trabajo monográfico "Elaboración de manual técnico de diseño del alumbrado público de Nicaragua" de la carrera de Ingeniería eléctrica", bajo la Tutoría del **MSc. Ing. Pedro Joaquín Pérez Orozco**.

Sin otro particular, me despido.

Fraternalmente,

MSc. Luis Alberto Chavarria Valverde
Director

Área de Conocimiento Industria y Producción



Cc: *MSc. Ing. Marlon Efrén Suarez Dávila - Jefe Departamento Mecánica y Eléctrica*
Archivo.-



Móvil: (505) 2251 8276



Recinto Universitario Pedro Aráuz Palacios
Costado Sur de Villa Progreso,
Managua, Nicaragua.



www.uni.edu.ni



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
RECINTO UNIVERSITARIO "PEDRO ARAUZ PALACIOS"
DIRECCIÓN AREA DE CONOCIMIENTO INDUSTRIA Y PRODUCCION

Managua, 27 de marzo del 2025

MSc. Augusto César Palacios Rodríguez.
Director de Área de Conocimiento Industria y Producción.
Universidad Nacional de Ingeniería

Estimado MSc. Palacios, a través de la presente hago constar que; la Br. Elizabeth Yocasta Blanco Vílchez con número de carnet: 2011-37479, el Br. Gerson Octavio Muñoz Mojica con número de carnet: 2013-61176, y el Br. Bryam Eloy Aguilar Chavarría con número de carnet: 2013-61016, estudiantes del programa de Ingeniería Eléctrica, han finalizado su tesis monográfica que tiene como tema: "Elaboración de manual técnico de diseño del alumbrado público de Nicaragua"

La tesis monográfica que se presenta ha sido revisada por mi persona, también se han realizado los cambios sugeridos en pre defensa, por consiguiente, valoro que la misma cumple con los requisitos establecidos en la Normativa de Culminación de Estudios de la Universidad Nacional de Ingeniería, por tal razón solicito ser sometida al proceso de Defensa instaurado por la institución.

Atentamente

Msc. Pedro Joaquín Pérez Orozco
TUTOR

Cc Archivo

Agradecimientos

Agradecemos primeramente a Dios y a la Virgen María por permitirnos llegar a este paso para poder culminar nuestra carrera llena de sacrificios y lucha cada día, así mismo damos las gracias a nuestros padres quienes nos han apoyado incondicionalmente a lo largo de nuestras vidas y en cada una de nuestras etapas y que gracias a su apoyo, ánimos y ejemplo de lucha y cambio que han fomentado nuestro crecimiento personal y profesional.

A nuestra alma mater, la Universidad Nacional de Ingeniería por brindarnos la oportunidad de ser parte de esta gran familia de profesionales que día a día luchan por un país mejor.

A nuestro tutor Pedro Pérez por su apoyo incondicional de creer que podíamos lograrlo de la mejor manera posible sin dudar de nuestras capacidades, nos ha motivado, corregido, acompañado y guiado en este trabajo, que con observaciones y correcciones técnicas más acertadas nos permitió lograr la culminación de este documento.

Finalmente, a todos aquellos que, de alguna manera, contribuyeron a este proyecto, brindándonos sus conocimientos, motivación y confianza y que exigían más de nosotros cuando no nos sentíamos capaz de avanzar y concluir esta parte muy importante en nuestras vidas.

INDICE

INTRODUCCIÓN.....	4
ANTECEDENTES.....	5
OBJETIVOS	7
Objetivo General.....	7
Objetivos Específicos.....	7
GENERALIDADES.	8
Historia de la iluminación.....	8
Iluminación pública en Nicaragua.	9
MARCO REGULATORIO	10
Generalidades de Normativa de Alumbrado Público de Nicaragua	12
CAPITULO IV, AMPLIACIÓN Y MEJORAS DEL SERVICIO DE ALUMBRADO PÚBLICO.	13
CAPITULO V. OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL SERVICIO DE ALUMBRADO PÚBLICO.	14
MARCO TEORICO	14
Conceptos Básicos de Iluminación	14
Magnitudes fundamentales de la Luminotecnia.	15
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL SISTEMA DE ALUMBRADO PÚBLICO.	18
Norma ENEL 98	18
Parámetros de construcción.....	19
Derecho de vía	19
Estaqueo	19
Apertura de huecos y erección de postes.....	20
Montaje de postes	20
Selección de Postes.	20
Profundidad Mínima de Entierre.	21
Instalación de los Postes.....	21
Montaje de Herrajes	23
Soporte de Secundarios.....	23
Espiga Punta de Poste.....	23
Contratuerca.	23
Retenidas.	23
Ancla y Varillas.	24
Aisladores Tipo Espiga.....	24
Puestas a Tierras.	25

Conductores.....	25
Inhibidor:	26
Conductor para neutro:.....	26
Amarre de los conductores:	26
Empalme:	26
Bajante:.....	26
Especificaciones técnicas de materiales normados.....	26
Luminaria de alumbrado:.....	26
Especificaciones particulares:	27
Balastro para luminaria de alto vapor de sodio:	27
Control fotovoltaico:	28
Brazo de soporte para luminaria:	29
Bombillos de Sodio:	29
Bombillos de Mercurio	30
Clasificación de los brazos y postes de alumbrado público.....	31
Brazo para soporte de luminarias.	32
Características del Sistema en el Alumbrado Público.....	34
MANUAL TECNICO PARA EL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL ALUMBRADO PÚBLICO	40
Requerimientos para la aceptación de proyectos	40
Ubicación de los postes.....	40
Cálculo de la Distribución y Altura de Postes	40
Tramos Curvos	42
Intersecciones.....	43
Plazas o rotondas.....	43
Calculo para la Distancia Interpostal.	44
ILUMINACION SEGÚN LA CLASIFICACION DE LA VIA.	45
Vías vehiculares:	45
Vías de tráfico peatonal y ciclistas.	46
Localización para luminaria.....	47
Luminarias según la IESNA	47
Brazos de alumbrado público.	48
Iluminación exterior según normativas europeas.	49
Etapas generales para la selección de la clase de iluminación.	49
Selección de la clase de iluminación.	51
Control de deslumbramiento.....	51

Representación Cromática.....	51
Uso Nocturno	52
Asistencia Visual	52
Luminarias.....	53
Selección del tipo de luminaria.....	54
Características eléctricas de las luminarias.....	54
Redes aéreas para alumbrado público.	55
Sistemas de puesta a tierra	56
Instalaciones Aéreas.....	56
Fuentes de alimentación	57
Protecciones	57
CALCULO DE ALUMBRADO PUBLICO PARA INGENIERIA	58
Cálculo del nivel de iluminación	58
Método punto por punto.....	58
Metodología para el cálculo de iluminación.....	60
Clasificación de vías según el pavimento o rodadura.....	65
Selección de los conductores.....	66
Puesta a tierra.	68
CONCLUSIONES.....	69
RECOMENDACIONES.....	70
ANEXOS.....	72
Bibliografía	75

TABLA 1 INTENSIDAD Y DEFINICIONES FUENTE PÁG. 16, MANUAL DE ALUMBRADO, WESTINGHOUSE.	15
TABLA 2, FLUJO LUMINOSO Y DEFINICIÓN. FUENTE PÁG. 16, MANUAL DE ALUMBRADO, WESTINGHOUSE.	16
TABLA 3, PROFUNDIDAD DE ENTIERRE DE POSTES FUENTE NORMA ENEL, 1998.	21
TABLA 4, VALORES DE FUERZA PARA DETERMINACIÓN DE ANCLAJES FUENTE, NORMA DE CONSTRUCCIÓN DE REDES MT, ENEL, 1998	24
TABLA 5, FUENTE NORMA DE CONSTRUCCIÓN DE REDES MT, ENEL-1998, AÑO 2006	27
TABLA 6 ESPECIFICACIONES DE CONDUCTORES FUENTE, NORMA DE CONSTRUCCIÓN DE REDES MT, ENEL-1998, AÑO 2006	28
TABLA 7 ESPECIFICACIONES PARA FOTOCELDA. FUENTE, NORMA DE CONSTRUCCIÓN DE REDES MT, ENEL-1998, AÑO 2006	28
TABLA 8 ESPECIFICACIONES PARTICULARES PARA SOPORTE DE LUMINARIAS FUENTE, NORMA DE CONSTRUCCIÓN DE ALUMBRADO PÚBLICO DN-DS, AÑO 2009.	29
TABLA 9 ESPECIFICACIONES PARTICULARES DEL BOBILLO DE SODIO FUENTE NORMA DE CONSTRUCCIÓN DE REDES MT, ENEL-1998, AÑO 2006	30
TABLA 10 FUENTE, ESPECIFICACIONES PARTICULARES DEL BOBILLO DE MERCURIO FUENTE NORMA DE CONSTRUCCIÓN DE REDES MT, ENEL-1998, AÑO 2006	31
TABLA 11 ESPECIFICACIONES PARTICULARES DE LOS TIPOS DE BRAZOS EN POSTES. FUENTE, NORMA DE CONSTRUCCIÓN DE REDES MT, ENEL-1998, AÑO 2006	31
TABLA 12 POSTES A UTILIZAR EN ALUMBRADO DE VÍAS. FUENTE, NORMA DE CONSTRUCCIÓN DE REDES MT, ENEL-1998, AÑO 2006	34
TABLA 13 CLASIFICACIÓN DE ILUMINACIÓN DE ACUERDO CON EL TIPO DE VÍAS. FUENTE, ENERGÍA 2014.	42
TABLA 14 FACTO DE UTILIZACIÓN SEGÚN TIPO DE APARATO DE ALUMBRADO.FUENTE, GREENICE, AÑO 2018.	45
TABLA 15 GRUPOS DE CLASE DE ILUMINACIÓN. FUENTE, ENERGÍA 2014.	46
TABLA 16 CARACTERÍSTICAS A CONSIDERAR DEL TUGAR A ILUMINAR. FUENTE, AGENCY AÑO 2017.	50
TABLA 17 CARACTERÍSTICAS Y COMPARATIVA DE LAS LUMINARIAS COMÚNMENTE UTILIZADAS. FUENTE, AGENCY AÑO 2017.	53
TABLA 18 SELECCIÓN DE CONDUCTOR PARA LUMINARIAS LED.	55
TABLA 19	60
TABLA 20 (GREENICE, 2018)	61
TABLA 21 SELECCIÓN DE CONDUCTOR PARA LUMINARIAS LED.	64
TABLA 22 .FACTOR DE DEPRECIACIÓN POR SUCIEDAD ACUMULADA (L.D.D) EN LUMINARIAS.	64
TABLA 23, CLASIFICACIÓN DE LAS VÍAS SEGÚN SU USO.	65
TABLA 24, IMAGEN DE TRAMO "X"	67
TABLA 25, TABLA 250-95, NEC.	67
TABLA 26 TABLA DE SECCIÓN DE PUESTA A TIERRA. FUENTE, NEC (NATIONAL ELECTRIACAL CODE).	74

(MEM, 2024)ILUSTRACIÓN 1.....	12
ILUSTRACIÓN 2, REPRESENTACIÓN FLUJO LUMINOSO FUENTE, MANUAL DE ILUMINACIÓN, WESTINGHOUSE	16
ILUSTRACIÓN 3 REPRESENTACIÓN DE RENDIMIENTO LUMINOSOS FUENTE, EDISON-UPC.ES.....	16
ILUSTRACIÓN 4, REPRESENTACIÓN DE ILUMINACIÓN. FUENTE, INTRODUCCIÓN A LA EFICIENCIA ENERGÉTICA, WORDPRESS.COM, 2018.....	17
ILUSTRACIÓN 5, TAMAÑOS DE POSTES FUENTE NORMA DE CONSTRUCCIÓN DE REDES MT, ENEL, 1998	22
ILUSTRACIÓN 6, ESTRUCTURAS DE POSTES FUENTE NORMA DE CONSTRUCCIÓN DE REDES MT, ENEL, 1998	22
ILUSTRACIÓN 7, REPRESENTACIÓN DE LUMINARIA FUENTE, NORMA DE CONSTRUCCIÓN DE REDES MT, ENEL-1998, AÑO 2006	27
ILUSTRACIÓN 8, BALASTRO DE ALTO VAPOR DE SODIO FUENTE, NORMA DE CONSTRUCCIÓN DE REDES MT, ENEL-1998, AÑO 2006	27
ILUSTRACIÓN 9, FOTOCELDA. FUENTE, NORMA DE CONSTRUCCIÓN DE REDES MT, ENEL-1998, AÑO 2006	28
ILUSTRACIÓN 10, REPRESENTACIÓN LATERAL DE BRAZO DE SOPORTE DE LUMINARIA. FUENTE NORMA DE CONSTRUCCIÓN DE REDES MT, ENEL-1998, AÑO 2006	29
ILUSTRACIÓN 11, BOMBILLO DE VAPOR DE SODIO, TIPO OVOIDE. FUENTE, NORMA DE DISTRIBUCIÓN DE REDES MT, ENEL-1998.....	30
ILUSTRACIÓN 12, BOMBILLO DE MERCURIO. FUENTE, NORMA DE DISTRIBUCIÓN DE REDES MT, ENEL-1998.	30
ILUSTRACIÓN 13 BRAZO PARA SOPORTE DE LUMINARIAS TIPO A, B, C. FUENTE, NORMA DE CONSTRUCCIÓN DE REDES MT, ENEL-1998, AÑO 2006.....	32
ILUSTRACIÓN 14, BRAZO PARA SOPORTE DE LUMINARIAS TIPO D. FUENTE, NORMA DE CONSTRUCCIÓN DE REDES MT, ENEL-1998, AÑO 2006.....	33
ILUSTRACIÓN 15, BRAZO PARA SOPORTE DE LUMINARIAS TIPO E. FUENTE, NORMA DE CONSTRUCCIÓN DE REDES MT, ENEL-1998, AÑO 2006.....	33
ILUSTRACIÓN 16, CONEXIÓN DE LAMPARA HID VAPOR DE SODIO. FUENTE, INSTRUCTIVO DE ALUMBRADO PÚBLICO, DN-DS, AÑO 2009	35
ILUSTRACIÓN 17, CONEXIÓN DE LAMPARA HID DE MERCURIO. FUENTE, INSTRUCTIVO DE ALUMBRADO PÚBLICO, DN-DS, AÑO 2009	36
ILUSTRACIÓN 18.....	36
ILUSTRACIÓN 19, BALASTRO MODELO A (ADVANCE PHILLIPS)	37
ILUSTRACIÓN 20 BALASTRO DE DOS BOBINAS.....	37
ILUSTRACIÓN 21, CONTACTOR DE MANDO DE CIRCUITOS PARA AP. FUENTE, INSTRUCTIVO DE ALUMBRADO PÚBLICO, DN-DS, AÑO 2009	38
ILUSTRACIÓN 22, DIAGRAMA DE CONEXIÓN DE CONTACTOR DE MANDO DE CIRCUITOS PARA AP.	39
ILUSTRACIÓN 23, REPRESENTACIÓN DISTANCIA Y ALTURA DE UNA LUMINARIA FUENTE, ENERGÍA, AÑO 2014.	41
ILUSTRACIÓN 24.....	43
ILUSTRACIÓN 25.....	43
ILUSTRACIÓN 26.....	44
ILUSTRACIÓN 27, REPRESENTACIÓN DE BRAZO DE UN DOBLEZ. FUENTE, NORMA DE CONSTRUCCIÓN DE REDES MT, ENEL-1998, AÑO 2006.....	48
ILUSTRACIÓN 28, REPRESENTACIÓN DE BRAZO DE DOS DOBLECES. FUENTE, NORMA DE CONSTRUCCIÓN DE REDES MT, ENEL-1998, AÑO 2006.....	48
ILUSTRACIÓN 29, REPRESENTACIÓN DEL UMBRAL DE DESLUMBRAMIENTO.....	51

ILUSTRACIÓN 30	52
ILUSTRACIÓN 31	55
ILUSTRACIÓN 32, DIAGRAMA DE SISTEMA DE PUESTA A TIERRA. FUENTE, INSTRUCTIVO DE ALUMBRADO PÚBLICO, DN-DS, AÑO 2009.	56
ILUSTRACIÓN 33, CURVA DE ILUMINACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE ILUMINACIÓN EN LUX..	63
ILUSTRACIÓN 34	68
ECUACIÓN 1FUENTE PÁG. 17, MANUAL DE ALUMBRADO, WESTINGHOUSE	15
ECUACIÓN 2 FUENTE, EDISON-UPC.ES.....	17
ECUACIÓN 3 FUENTE, FREEDMAN, 2014.....	17
ECUACIÓN 4 FUENTE, FREEDMAN, 2014.....	18
(AGENCY), 2017)ECUACIÓN 5	44
(AGENCY), 2017)ECUACIÓN 6	45
(FREEDMAN, 2014)ECUACIÓN 7	49
(ENERGÍA, 2014)ECUACIÓN 8.....	62
(AGENCY), 2017)ECUACIÓN 9	63
(AGENCY), 2017)ECUACIÓN 10	63
(AGENCY), 2017)ECUACIÓN 11	64
(AGENCY), 2017)ECUACIÓN 12	65
(AGENCY), 2017)ECUACIÓN 13	66
(AGENCY), 2017)ECUACIÓN 14	66
(AGENCY), 2017)ECUACIÓN 15	67

INTRODUCCIÓN

En el presente documento se plantea una propuesta de manual para el diseño del alumbrado público de Nicaragua tomando en cuenta los diversos parámetros a considerar al momento de ejecutar la instalación del mismo aplicando y/o haciendo uso de las Normas vigentes establecidas. Ya que, pese al paso del tiempo Nicaragua no cuenta con un manual dirigido específicamente para el manejo y montaje del alumbrado público. Es necesario discernir el montaje de la infraestructura del alumbrado público ya que se deben tomar en consideración el plano de trabajo y sus componentes.

Como antecedentes obtenemos la intervención estatal en las diversas actividades energéticas a través de instituciones como lo es el Instituto Nicaragüense de Energía (INE), Empresa Nacional de Transmisión Eléctrica (ENATREL), DISNORTE-DISSUR, mismos que se encargan de fiscalizar, transmitir, distribuir y dar mantenimientos necesarios a toda nuestra red eléctrica, cumpliendo con las normas establecidas, en el caso que nos interesa la propuesta de reforma a la Normativa de Alumbrado Público el 11 de agosto del año 2009 con la cual estaremos abocándonos en el presente proyecto. Dicha Norma tiene como objeto establecer parámetros y criterios aplicables para la prestación del Servicio de Alumbrado Público, en calles, parques y sitios de uso de propiedad pública, por las Concesionarias de Distribución de Energía Eléctrica dentro de su concesión.

Dentro de la justificación tenemos la necesidad de mejorar la eficiencia del sistema de iluminación pública en nuestro país, mismo que en la actualidad genera grandes costos por la poca vida útil del tipo de luminarias actualmente existentes. Nuestro objetivo es contribuir al diseño, para la instalación y mejora de la eficiencia del Alumbrado Público de Nicaragua elaborando un manual técnico basado en los capítulos IV y V de la normativa vigente, considerando el desarrollo económico y el avance que se ve reflejado en actividades industriales, comerciales y de servicios es de vital importancia, el facilitar el movimiento vehicular y de transeúntes por las vías en áreas peatonales garantizando la seguridad y bienestar en los trayectos.

Nuestro trabajo monográfico se caracteriza por ser descriptivo ya que como hemos mencionado antes, actualmente Nicaragua no cuenta con un manual técnico de diseño y construcción para el alumbrado público, en el cual se refleje la importancia de la clasificación de los tipos de vías, tipos de luminarias, normas de construcción, y eficiencia energética con nueva tecnología en luminarias.

Se propone un cronograma detallado que estipula un lapso de 4 meses que durará la investigación con el fin de obtener resultados positivos que beneficien la calidad de vida de los nicaragüenses con respecto a la iluminación pública dándonos la oportunidad de recrearnos sanamente, en ambientes agradables manteniendo la seguridad en todo momento.

ANTECEDENTES

Nicaragua durante su historia, se ha visto afectada por grandes acontecimientos. En el ámbito energético el país ha tenido la necesidad de implementar nuevas fuentes de generación, transporte y distribución de energía para mejorar las diversas actividades y servicio que son de gran importancia para el desarrollo económico y social.

El sistema de Alumbrado Público ha estado sujeta a diversos cambios que se ha realizado dentro de las Normas aprobadas en el 2003 y 2009 respectivamente, dando a conocer aspectos legales que son de mucha importancia al momento del diseño e instalación de una red de Alumbrado Público

Hasta principios de los 90, el sector eléctrico en Nicaragua se caracterizaba por contar con la presencia del Estado en todas sus actividades, a través del Instituto Nicaragüense de Energía (INE). Creado en 1979, institución del Estado de Nicaragua cuyas funciones son regular, supervisar y fiscalizar el sector energético y la aplicación de las políticas de la Comisión Nacional de Energía en el territorio nacional.

El 25 de Julio del año 2003 fue aprobada por el Consejo de Dirección del Instituto Nicaragüense de Energía la Normativa de Alumbrado Público. Misma que forma parte de la Ley Orgánica y la Ley de la Industria Eléctrica (Ley No.272). Publicada en la Gaceta No. 148 de 7 de agosto del 2003.

Normativa que tuvo como objeto establecer parámetros y criterios aplicables para la prestación del Servicio de Alumbrado Público, en calles, parques y sitios de uso de propiedad pública, por las Concesionarias de Distribución de Energía Eléctrica dentro de su concesión.

El 29 de enero del año 2007 el Ministerio de Energía y Minas de la Republica de Nicaragua (MEM), concede la Ley No 612. Ley de Reforma y Adición a la ley No 290 Ley de Organización, Competencia y Procedimiento del Poder Ejecutivo. Esto en consideración al artículo 105 de la Constitución Política de la República de Nicaragua, estableciendo que es obligación del Estado de promover, facilitar y regular la prestación de servicios públicos básicos, dentro de los cuales se encuentra la energía eléctrica.

Estableciendo un Protocolo de Entendimiento suscrito entre el Gobierno de la Republica de Nicaragua y las Distribuidoras de Electricidad del Norte S.A (DISNORTE), Distribuidora de Electricidad del Sur S.A (DISSUR) y el Grupo Unión Fenosa Internacional S.A. En donde manda a que se modifique la Normativa de Alumbrado Público, con el fin de asegurar a las Distribuidoras la (Lopes, 2017)recuperación de los costos reales de prestación del servicio de alumbrado público. Quedando conforme a lo estipulado en la Ley de Reforma y Adición a la Ley No 290, Ley de Organización, Competencia y Procedimiento del Poder Ejecutivo, el Instituto Nicaragüense de Energía remite a este Ministerio, formal propuesta de reforma a la Normativa de Alumbrado Público el 11 de agosto del año 2009.

Normativa ahora en conformidad con el Artículo 40 de la Ley No 272, reformado por la Ley No 682, Ley de Reformas y Adiciones a la Ley No 272, “Ley de la Industria Eléctrica”

y a la Ley No 554, “Ley de Estabilidad Energética” publicado en la Gaceta el 19 de mayo del año 2009.

El 12 de enero del año 2009 las Distribuidora de Electricidad del Norte S.A (DISNORTE), Distribuidora de Electricidad del Sur S.A (DISSUR) implementó el documento de Norma de Construcción de Alumbrado Público, en el cual se basa en la Norma de Construcción de Redes de Media y Baja Tensión de ENEL de 1998.

El 28 de octubre del año 2016 estudiantes de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI) presentaron como trabajo monográfico “Iluminación pública solar fotovoltaica para la ciudad de Managua, Nicaragua”, documento que plantea el uso de la energía fotovoltaica para alimentación del alumbrado público y la implementación de lámparas LED aportando al medio ambiente, pero no establece lineamientos que contribuyan a regular la construcción de los circuitos de alumbrado público.

La Normativa de Alumbrado Público continúa bajo los mismos acuerdos desde hace 9 años, los cuales debido al avance tanto tecnológico como económico que se ha ido desarrollando en el país, precisa de nuevos aportes y mejoras ante las diversas problemáticas para el cumplimiento de eficiencia y recuperación de costos de ambas partes (tanto como Distribuidora y usuarios).

OBJETIVOS

Objetivo General

- Elaborar un manual técnico para el diseño, construcción, instalación y explotación eficiente de un sistema de Alumbrado Público en Nicaragua, considerando los capítulos IV y V de la normativa vigente.

Objetivos Específicos

- Recopilar información sobre la evolución del Alumbrado Público en Nicaragua, basado en los lineamientos y necesidades de las instituciones del sector energético y normas establecidas del alumbrado público.
- Determinar los diversos factores a tomar en cuenta para el diseño de un sistema de Alumbrado Público, considerando los requerimientos técnicos para su instalación y uso eficiente.
- Aportar alternativas para el diseño, instalación y eficiencia del Sistema de Alumbrado Público, tomando en cuenta los capítulos IV y V de la Normativa de Alumbrado Público de Nicaragua vigente.

GENERALIDADES.

Historia de la iluminación

Según la historia hace más de 500,000 años el hombre descubrió el fuego, que un momento aparte de obtener calor y cocer sus alimentos lo utilizó para darse iluminación encontrando de esta manera una fuente luminosa que le permitía realizar actividades cuando la luz solar desaparecía. La necesidad de iluminación para el desarrollo del ser humano es de vital importancia, ya que sin ello la supervivencia sería nula, al reducir los niveles de oscuridad se garantizaba la protección de posibles depredadores, la facilidad para cazar y obtener alimentos, el poder experimentar actividades cotidianas y poder desarrollar ideas para mejorar la forma de vida. La **llama** primera expresión de iluminación artificial que fue descubierta y utilizada por el hombre, según historiadores se encontraron restos de fogones con materiales como madera, carbón y grasas de animales.

La iluminación pública a través de la historia ha sido una necesidad para el hombre debido a las diversas actividades para su desarrollo, por la necesidad de transportarse de un lugar a otro y facilitar su calidad de vida. Se tienen muchas teorías de los primeros fabricantes de lámparas en el mundo, según se conoce hace un poco más de 4,500 años en un pueblo de Mesopotamia se crearon lámparas con moluscos marinos que eran introducidos en objetos de oro o alabastro. Años más tarde en Cartago y Fenicia pueblos de la antigua Roma se crearon la primera lámpara de aceite, que eran colgadas del techo por cadenas que con el tiempo eran decoradas con labrados y ornamentas de metal.

En 1795, William Muordoch, instaló un sistema de iluminación a gas de hulla, para una fábrica de Inglaterra, posteriormente en 1804 el inventor alemán Freidrich Winzer fue la primera persona en patentar dicha idea. A comienzo del siglo XIX, la mayoría de ciudades de Europa y Norteamérica, tenían calles con iluminación a gas, a medida que se fueron implementando estas ideas, se desarrollaron propuestas alternativas con gas de Sodio en baja presión, y Mercurio de alta presión en los finales de década de 1930 dando lugar al reemplazo con luz eléctrica en la mayoría de hogares donde se usaba aun la llama.

El químico ingles Sir Humphry Davy inventó la primera lámpara eléctrica de arco, implementando la incandescencia de un hilo fino de platino en el aire al aplicar tensión en sus extremos para hacer circular la corriente. Basándose en los descubrimientos de Davy, el francés Foucault desarrolló una lámpara de arco que por descarga de dos electrodos de carbón producían luz, este método se utilizó para el alumbrado exterior en las calles de las ciudades. Sir Joseph Swan y Thomas Edison inventaron la primera lámpara incandescente en la década de 1870, y luego en 1879 crearon la lámpara con filamento de carbono en la ciudad de New York. En 1901 se inventó la lámpara de vapor de mercurio que es la precursora de la lámpara fluorescente.

Iluminación pública en Nicaragua.

A lo largo de la historia el sector energético en Nicaragua ha evolucionado exponencialmente en los últimos años, ya que el problema de generación se ha superado relativamente, por la generación de energía renovable que actualmente es aportada a la carga instalada a nivel nacional.

Nicaragua siendo un país altamente potencial al desarrollo, ha tenido la necesidad de mejorar las condiciones de iluminación en diferentes áreas del país, para facilitar el comercio, la libre movilización, tráfico de vehículos, recreación familiar etc. Según historiadores, en Nicaragua la energía eléctrica comienza a utilizarse para el servicio público en 1902, bajo el gobierno de José Santos Zelaya. El 24 de diciembre de ese año terminaba el alumbrado público por faroles de aceite que se inició en 1872 y que por más de 30 años fue la forma de alumbrar algunos pueblos y ciudades del país.

En Nicaragua se aprueba por primera vez la Normativa de Alumbrado Público el 25 de Julio del año 2003, para obtener el número específico de luminarias a nivel nacional. El 17 de agosto del año 2010, se publica en la gaceta diario oficial, la reforma a la Normativa de Alumbrado Público, con el fin de mejorar las condiciones de costos de mantenimiento de luminarias para el sector público y privado en el país. Las luminarias tipo Mercurio fueron las primeras luminarias de gran consumo de energía, que se instalaron en el país, se conocen como luminarias deficientes ya que su rendimiento es menor a las de otros tipos, estas luminarias se instalaron a partir de los años 90. Las luminarias tipo vapor de sodio, fueron instaladas a partir del año 2000 en Nicaragua, siendo estas luminarias de mayor eficiencia con respecto al tipo Mercurio, es hasta la fecha y aun se cuenta con gran parte de este tipo de luminarias.

La normativa de alumbrado público aprobada en 2010, si bien es una norma que rige mantenimiento, costos de operación, cobro en facturación y aspectos legales, no cuenta con un manual de diseño para la construcción de una red de Alumbrado Público (A.P), es por ello que las empresas de Distribución se basan con la norma ENEL 98, publicada en la gaceta el día 23 de junio del año 1998 siendo expedido por el organismo de regulación Instituto Nicaragüense de Energía (INE).

MARCO REGULATORIO

En el año 1942 operaban en el país, empresas privadas y municipales para brindar el Servicio Público de Energía Eléctrica. En el año 1948, el Estado de Nicaragua, adquirió la empresa Central American Power, de propiedad privada, localizada en la ciudad de Managua; en el año 1954 se constituyó la Empresa Nacional de Luz y Fuerza (ENALUF), como una empresa estatal a cargo de la generación, transmisión, distribución y comercialización de la energía eléctrica; un año más tarde nació la Comisión Nacional de Energía (CNE) como Ente Regulador del Sector.

Como consecuencia del Plan de Inversiones en Generación y Electrificación Rural de ENALUF, en 1957 se instalaron en la Planta Managua, dos unidades de 15 MW cada una, accionadas con turbinas a vapor, incrementando la oferta de energía eléctrica y posibilitando el inicio de la electrificación rural en la región del Pacífico. Posteriormente se iniciaron los estudios y construcción de la Planta Hidroeléctrica Centro América, en el Departamento de Jinotega y Santa Bárbara, en el Departamento de Matagalpa iniciando operaciones comerciales en 1965 y 1972 respectivamente. En abril de 1957 se promulgó la primera Ley de Industria Eléctrica (Ley No.11-D del 19 de abril de 1957 y en 1970 ENALUF adquirió las empresas eléctricas privadas de León, Carazo y Granada.

Con la Revolución Popular Sandinista el 19 de Julio de 1979 el Estado nacionaliza las empresas privadas, municipales y cooperativas de electrificación rural que operaban en el país y se creó el Instituto Nicaragüense de Energía (INE) mediante Decreto Legislativo del 23 de Julio de 1979 publicado en La Gaceta, Diario Oficial número 2 del 23 de agosto del mismo año; su Ley Orgánica fue promulgada por Decreto No. 87 publicado en La Gaceta, Diario Oficial No. 106 del 6 de junio de 1985. El Instituto Nicaragüense de Energía (INE) desde 1985, hasta 1994 funcionó como operador del sector Eléctrico del país, Ente Regulador del Sector Energético y rector de la Política Energética Nacional, teniendo a su cargo la planificación, organización, dirección, administración, exploración, explotación, aprovechamiento, control y manejo de los recursos energéticos nacionales.

En el año 1994, mediante Decreto Ejecutivo No. 46-94, publicado en La Gaceta, Diario Oficial del uno de noviembre de 1994, se constituyó la Empresa Nicaragüense de Electricidad (ENEL). Mediante este Decreto se separan de INE y se adscriben a ENEL las funciones empresariales del subsector de energía eléctrica y se mantienen en el INE las funciones de planificación, formulación de políticas, normativas y regulación de las actividades del Sector Energía, reforzado mediante Ley No 271, Ley de Reformas a la Ley Orgánica de INE publicada en La Gaceta, Diario Oficial No. 63 del 10 de abril de 1998.

En la Ley No 272 Ley de la Industria Eléctrica (LIE), publicado en La Gaceta, Diario Oficial No. 74 del 23 de abril de 1998 y su Reglamento publicado en La Gaceta, Diario Oficial No. 116 del 23 de junio de 1998 se establece el Marco Regulatorio Legal de las actividades del Sector Eléctrico, complementadas mediante Decreto Ejecutivo No. 42-98 y sus reformas contenidas en el Decreto Ejecutivo No. 128-99, publicado en La Gaceta, Diario Oficial del 16 de diciembre del año 1999. Esta Ley derogó la Ley No. 11-D del 11 de abril de 1957. La LIE en su Arto. 135

ordenó la segmentación de ENEL en Sociedades Anónimas regidas por el Derecho Privado, con el objetivo de facilitar su privatización. Asimismo, la LIE en su Arto. 137 ordenó al Poder Ejecutivo realizar las acciones que permitiesen de forma expedita y mediante Licitación Pública, la privatización de determinadas áreas de servicios de ENEL, mediante la incorporación del sector privado en los agentes económicos resultantes de su segmentación.

En este período se produjo la privatización de las Planta Nicaragua y Chinandega, que pasaron a integrar la Generadora Eléctrica Occidental, S.A. (GEOSA) y se entrega a Ormat (Proveedor de tecnología de energía alternativa y renovable) mediante Contrato de Asociación en participación, la explotación del Campo Geotérmico y planta Momotombo, ambas en condiciones desfavorables para el Estado de Nicaragua. En ese mismo período se crearon las empresas estatales bajo la figura de Sociedades Anónimas, Generadora Central S.A. (GEOSA) y Empresa Generadora Hidroeléctrica S.A. (HIDROGESA). Durante el proceso de segmentación y privatización se derivan de ENEL y se crearon las empresas:

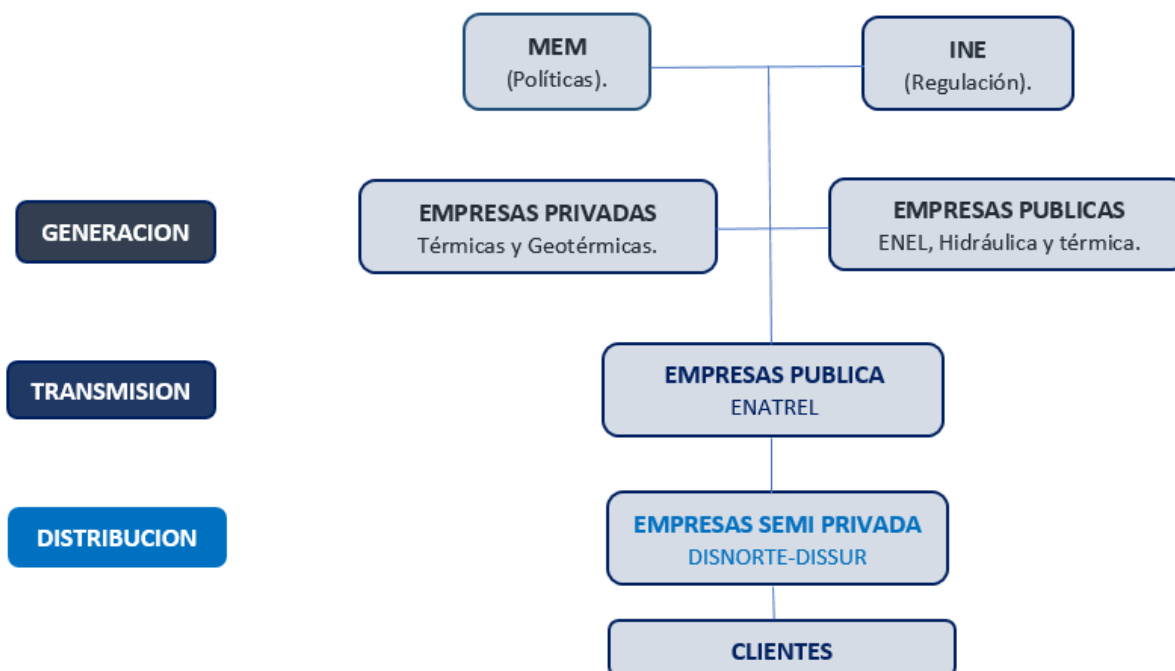
- I. DISNORTE y DISSUR S.A, empresas semi privadas a cargo de la distribución y comercialización de energía en las zonas concesionadas, que comprenden fundamentalmente las zonas Pacífico y Central del país.
- II. GEOSA empresa privada que adquirió las antiguas plantas Nicaragua y Chinandega.
- III. ENATREL empresa estatal a cargo de la transmisión, diseño y el Centro Nacional de Despacho de Carga (CNDC).
- IV. Se suscribió un contrato de Asociación en Participación con la empresa privada ORMAT para la operación y administración de planta y campo geotérmico Momotombo.

La Ley No. 440 "Ley de Suspensión de Concesiones de Uso de Aguas" publicada en La Gaceta, Diario, Oficial No. 1150 del 11 de agosto del 2003, revirtió en el proceso de privatización de HIDROGESA y La Ley No. 494 "Ley de Reforma y Adición al artículo 135 de la Ley No. 272, Ley de la Industria Eléctrica", estableció una reforma al Arto. 135 mandando que HIDROGESA estuviera adscrita a ENEL.

Mediante Ley No. 612, Ley de Reforma y Adición a la Ley No. 290 "Ley de Organización, Competencia y Procedimientos del Poder Ejecutivo", publicada en La Gaceta No. 20 del 29 de enero del 2007, se crea el Ministerio de Energía y Minas, designándole funciones y atribuciones en materia energética y se adscribe a ENEL a dicho Ministerio.

Mediante Ley No 746 de Reforma al Decreto Ejecutivo No 46-94 de Creación de ENEL, publicado en La Gaceta, Diario Oficial el catorce de enero del año dos mil once, se reformulan los objetivos de la empresa de conformidad con los resultados de la evolución experimentada en años anteriores.

Estructura del sector eléctrico de Nicaragua, año 2024



Generalidades de Normativa de Alumbrado Público de Nicaragua

El sistema de Alumbrado Público ha estado sujeta a diversos cambios que se ha realizado dentro de las Normas aprobadas en el 2003 y 2009 respectivamente, dando a conocer aspectos legales que son de mucha importancia al momento del diseño e instalación de una red de Alumbrado Público. Hasta principios de los 90, el sector eléctrico en Nicaragua se caracterizaba por contar con la presencia del Estado en todas sus actividades, a través del Instituto Nicaragüense de Energía (INE). Creado en 1979, institución del Estado de Nicaragua cuyas funciones son regular, supervisar y fiscalizar el sector energético y la aplicación de las políticas de la Comisión Nacional de Energía en el territorio nacional.

El 25 de Julio del año 2003 fue aprobada por el Consejo de Dirección del Instituto Nicaragüense de Energía la Normativa de Alumbrado Público. Misma que forma parte de la Ley Orgánica y la Ley de la Industria Eléctrica (Ley No.272). Publicada en la Gaceta No. 148 de 7 de agosto del 2003. Normativa que tuvo como objeto establecer parámetros y criterios aplicables para la prestación del Servicio de Alumbrado Público, en calles, parques y sitios de uso de propiedad pública, por las Concesionarias de Distribución de Energía Eléctrica dentro de su concesión.

El 29 de enero del año 2007 el Ministerio de Energía y Minas de la Republica de Nicaragua (MEM), concede la Ley No 612. Ley de Reforma y Adición a la ley No 290 Ley de Organización, Competencia y Procedimiento del Poder Ejecutivo. Esto en consideración al artículo 105 de la Constitución Política de la Republica de Nicaragua, estableciendo que es obligación del Estado de promover, facilitar y regular la prestación de servicios públicos básicos, dentro de los cuales se encuentra la energía eléctrica.

Estableciendo un Protocolo de Entendimiento suscrito entre el Gobierno de la Republica de Nicaragua y las Distribuidoras de Electricidad del Norte S.A (DISNORTE), Distribuidora de Electricidad del Sur S.A (DISSUR) y el Grupo Unión Fenosa Internacional S.A. En donde manda a que se modifique la Normativa de Alumbrado Público, con el fin de asegurar a las Distribuidoras la recuperación de los costos reales de prestación del servicio de alumbrado público.

Quedando conforme a lo estipulado en la Ley de Reforma y Adición a la Ley No 290, Ley de Organización, Competencia y Procedimiento del Poder Ejecutivo, el Instituto Nicaragüense de Energía remite a este Ministerio, formal propuesta de reforma a la Normativa de Alumbrado Público el 11 de agosto del año 2009. Normativa ahora en conformidad con el Artículo 40 de la Ley No 272, reformado por la Ley No 682, Ley de Reformas y Adiciones a la Ley No 272, “Ley de la Industria Eléctrica” y a la Ley No 554, “Ley de Estabilidad Energética” publicado en la Gaceta el 19 de mayo del año 2009.

CAPITULO IV, AMPLIACIÓN Y MEJORAS DEL SERVICIO DE ALUMBRADO PÚBLICO. (Normativa de Alumbrado Público NAP año 2010)

Artículo-4.2 de Normativa de Alumbrado Público (NAP) establece que: El diseño e instalación de las redes de Alumbrado Público, luminarias y demás accesorios, en calles, parques, plazas, monumentos y demás sitios de uso y propiedad pública, deben cumplir con las disposiciones y criterios establecidos en el Manual de Normas de Diseño y Construcción de Redes de distribución en Media y Baja Tensión o en el CIEN, según sea el caso.

Es necesario la elaboración de un Manual Técnico específico para el diseño y construcción del Alumbrado Público, tomando en cuenta los diversos aspectos y factores técnicos tales como: distancias entre postes, alturas de luminarias, tipos de postes, ángulos de iluminación, espectro luminoso, intensidad de la luz, tipos de vías, etc.

Artículo-4.3 de Normativa de Alumbrado Público (NAP) establece que: Es responsabilidad de las Empresas de Distribución, la ejecución de las ampliaciones o mejoras del Servicio de Alumbrado Público. El Plan para realizar las ampliaciones o mejoras debe ser presentado semestralmente al INE para su aprobación y seguimiento.

Los planes y de ampliación y mejoramiento del Servicio de Alumbrado Público del municipio deberán ser formulados por la Empresa de Distribución tomando en consideración sus obligaciones de coberturas y las solicitudes de ampliación presentadas por las Alcaldías Municipales. La empresa de distribución tiene como responsabilidad prestar condiciones óptimas para proporcionar un servicio de Alumbrado Público de calidad brindando una mayor cobertura en las diversas zonas del país haciendo uso de nuevas tecnologías.

Artículo-4.5 de la Normativa de Alumbrado Público (NAP) establece que: Las Empresas de Distribución deben considerar en las ampliaciones o mejoras en la red de Alumbrado Público, la incorporación de iluminación eficiente y ahorrativa.

Con el avance tecnológico se han implementado el uso de energías alternativas que contribuyen al ahorro y eficiencia en materia energética, como lo es la energía fotovoltaica.

CAPITULO V. OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL SERVICIO DE ALUMBRADO PÚBLICO. (Normativa de Alumbrado Público NAP año 2010)

Artículo-5.1. de la Normativa de Alumbrado Público (NAP) establece que: Es responsabilidad de las Empresas de Distribución, la operación y el mantenimiento preventivo de las redes y equipos asociados a la prestación del Servicio de Alumbrado Público, a fin de garantizar condiciones de calidad, seguridad y eficiencia. Se exceptúan de esta responsabilidad los señalamientos luminosos para el tránsito de peatones y vehículos.

MARCO TEORICO

Conceptos Básicos de Iluminación

Un sistema de iluminación adecuado es de suma importancia para el desarrollo de diversas actividades cotidianas durante la noche. Para crear un ambiente visual conforme que garantice la seguridad de los habitantes y sus bienes.

La disminución de la eficacia visual puede aumentar el número de errores y accidentes, así como la carga visual y la fatiga durante la ejecución de las tareas; también se pueden producir accidentes como consecuencia de una iluminación deficiente en las vías de circulación, escaleras y otros lugares de paso como lo son las carreteras o vías principales. Es por esto que al hablar de una buena iluminación es importante tomar en cuenta ciertos criterios básicos sobre a disposición de la luz, las condiciones del alumbrado, ambiente a iluminar, deslumbramiento, confort visual, intensidad del tráfico, entre otros.

Se conoce que iluminación es la acción y efecto de iluminar, es decir es el fenómeno que se produce al llenar un lugar u objeto de luz. En física esta magnitud fotométrica es de naturaleza escalar, y expresa la cantidad de flujo luminoso que recibe la unidad de superficie.

Luminotecnia: es la ciencia que estudia las distintas formas de producción de luz, así como su control y aplicación

Luz: es una forma de energía radiante que se evalúa en cuanto a su capacidad para producir la sensación de la visión. Esta se desplaza en línea recta, a menos que su trayectoria sea modificada o dirigida por un medio reflectante, refractante o difusor

Magnitudes fundamentales de la Luminotecnia.

Intensidad luminosa: Densidad de luz dentro de un ángulo solido extremadamente pequeño, en una dirección determinada.

Símbolo	Unidad	Definición
I	Candela (cd). La intensidad luminosa de una fuente expresada en candelas es su “potencia en candelas”	La candela es la cantidad física básica internacional en todas las medidas de luz, las demás unidades se derivan de ella. La intensidad luminosa es una propiedad característica de una fuente de luz, y de la información relativa al flujo luminoso en su origen.

Tabla 1 Intensidad y definiciones Fuente pág. 16, Manual de alumbrado, Westinghouse.

La ecuación fundamental se expresa de la siguiente forma:

$$I = E \times D^2$$

Ecuación 1Fuente pág. 17, Manual de alumbrado, Westinghouse

Donde, **I** representa la intensidad luminosa (Cd). **E** es el nivel de iluminación en luz. **D** es la distancia en metros desde la superficie iluminada.

Flujo luminoso: Luz emitida por unidad de tiempo. La luz es una forma de energía radiante en movimiento. Ordinariamente, sin embargo, el elemento tiempo puede despreciarse, y el flujo luminoso se considera comúnmente como una magnitud definida.

Símbolo	Unidad	Definición
Φ	Lumen (Lm).	Un lumen es el flujo de luz que incide sobre una superficie de 1 metro cuadrado, u totalidad de cuyos puntos existe 1 metro de una fuente puntual teórica que tenga una intensidad luminosa de 1 candela en todas direcciones. Esta superficie es una sección de 1 metro cuadrado de una esfera de 1 metro de radio, en cuyo centro se encuentra una fuente puntual uniforme de una candela. El mismo concepto puede expresar diciendo que un lumen es el flujo luminoso emitido en un ángulo solido unidad por una fuente puntual uniforme de una

		candela. La diferencia entre el lumen y la candela reside en que aquel es una medida del flujo luminoso, independientemente de la dirección.
--	--	--

Tabla 2, Flujo luminoso y definición. Fuente pág. 16, Manual de alumbrado, Westinghouse.

El flujo luminoso; Se representa por la letra griega Phi (ϕ). Su unidad es el Lumen (Lm). El Flujo luminoso también puede definirse como potencia luminosa y para medirlo se utiliza la esfera integradora de Ulbrich.

También se conoce como la potencia luminosa de una lámpara o cantidad de luz emitida por la misma. Es decir, es la parte de la potencia radiante total emitida por una fuente de luz que es capaz de afectar el sentido de la vista. En una lámpara común de luz incandescente, sólo aproximadamente el 10 por ciento de la energía radiante es flujo luminoso. La mayor parte de la potencia.

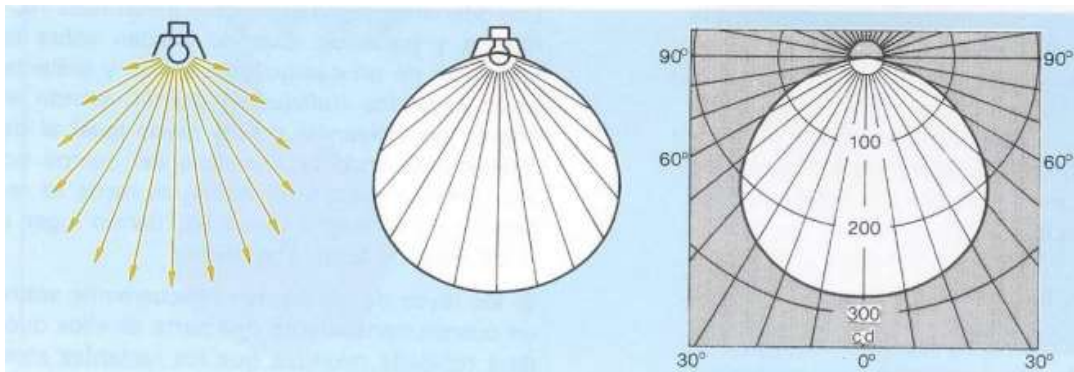


Ilustración 2, Representación flujo luminoso Fuente, Manual de iluminación, Westinghouse

Rendimiento luminoso: Se denominará rendimiento o eficacia luminosa al flujo que emite una fuente luminosa (una luminaria en el caso que nos ocupa) por cada unidad de potencia eléctrica consumida para su obtención. Se representa por la letra griega phi (ϕ) y su unidad es el lumen sobre unidad de Vatios (Lm/W). Es decir, lúmenes emitidos entre vatios consumidos



Ilustración 3 Representación de rendimiento luminosos. Fuente, Edison-UPC.es.

El rendimiento luminoso se calcula mediante la expresión.

$$\eta = \frac{\phi}{P} \text{ es decir } \eta = \frac{Lm}{W}$$

Ecuación 2 Fuente, Edison-UPC.es.

Donde, η representa el rendimiento luminoso (Lm/W). ϕ es el flujo luminoso. P es la potencia eléctrica de iluminación en Vatios.

Iluminación o iluminancia; La iluminancia o nivel de iluminación se define como el flujo luminoso que incide sobre una superficie. Su unidad de medida es el Lux (Lx) que equivale a la iluminación de una superficie de m^2 cuando incide sobre ella un flujo luminoso uniformemente repartido de Lm.

La iluminancia se calcula mediante la expresión:

$$E = \frac{\phi}{S}$$

Ecuación 3 Fuente, Freedman, 2014

Donde, E el nivel medio de iluminación (Lx). ϕ es el flujo luminoso. S es la superficie a iluminar en m^2 .

Cuando la unidad de flujo es el lumen y el área esta expresada en pies cuadrados, la unidad de iluminación es el Footcandle (Fc) Pero cuando el área esta expresada en metros cuadrados. La unidad de iluminación es el Lux (Lx) y para medirlo utilizamos los luxómetros.

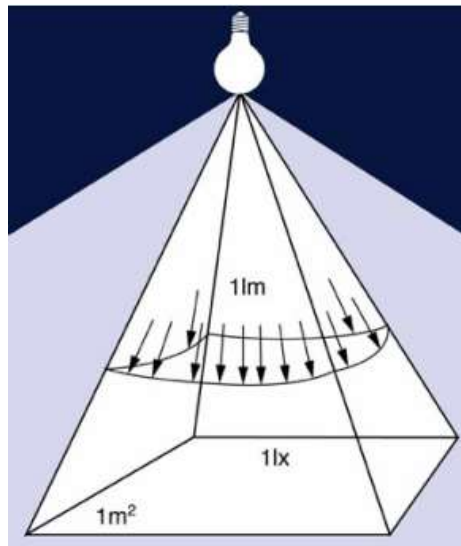


Ilustración 4, Representación de iluminación. Fuente, Introducción a la eficiencia energética, Wordpress.com, 2018

Luminancia; Es la intensidad luminosa por unidad de superficie aparente de una fuente de luz primaria o secundaria, la que emite luz o la que refleja luz.

Se llama luminancia o brillo fotométrico a la luz procedente de los objetos. Esta Magnitud mide el brillo de los objetos iluminados o fuentes de luz tal como son observados por el ojo humano. Por ejemplo, si tenemos dos objetos igualmente iluminados veremos con más claridad el que mayor luminancia tenga.

Se expresa de la siguiente forma:

$$L = \frac{I}{S * \cos\beta}$$

Ecuación 4 Fuente, Freedman, 2014

Donde, **L** es Luminancia en Cd/m^2 . **I** es la intensidad Luminosa en Cd. **S** es la superficie a iluminar en m^2 . **β** es el ángulo que forma el plano normal iluminado, con la proyección visual del observador.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL SISTEMA DE ALUMBRADO PÚBLICO.

Norma ENEL 98 (ENEL98, 2006)

La empresa Nicaragüense de Electricidad ENEL, tiene como objeto de presentar las especificaciones para Construcción de Líneas Aéreas de Distribución de Energía Eléctrica, ha tomado de referencia parte de la norma de trabajo realizado por el Código Regional de Normas Eléctricas del Istmo Centroamericano (CRNE), y otras normas que especifican diseños necesarios para redes eléctricas.

El propósito de estas especificaciones es el restablecer los requisitos mínimos que deberán cumplir todos los trabajos de construcción de circuitos aéreos, primarios de 7.6/13.2 kV y sus respectivos secundarios 480/240/120 Voltios.

Así también es una referencia a ingenieros y especialistas en la materia eléctrica dedicados a obras de expansión, rehabilitación y mejoras del Sistema de Distribución de ENEL y ENATREL, tanto en las labores de planeamiento, diseño y realización de obras de construcción.

Es derecho de la Empresa Nicaragüenses de Electricidad (ENEL), Empresa Nacional de Transmisión de Energía Eléctrica (ENATREL) reservarse el aprobar solamente aquellas construcciones que cumplan con los requerimientos de estas especificaciones, pudiendo rechazar la obra construida y esta no se ha realizado de acuerdo a las hojas de estaqueo, planos,

especificaciones, dibujos y requerimientos establecidos teniendo que ejecutar los cambios que fuesen necesarios para que la construcción cumpla a lo señalado.

En todos aquellos casos de construcción de circuitos 7.6/13.2 kV y sus respectivos secundarios que no estén cubiertos directamente por estas normas. La Empresa Nicaragüense de Electricidad (ENEL) se reserva el derecho de decidir e interpretar el alcance de estas regulaciones. Como la revisión de los materiales y equipos, así como las distintas estructuras.

Los términos técnicos usados en estas normas están definidos conforme presentación del CRNE y REA.

Parámetros de construcción

Es necesario el conocimiento de los diversos parámetros de construcción al momento de realizar un diseño de una red eléctrica, para lograr definir puntos estratégicos para la ubicación de postes, tipo de luminarias a instalar, tipos de conductores a usar, alturas necesarias para obtener niveles óptimos de iluminación y otros factores que influyen al momento de realizar un proyecto eléctrico.

Derecho de vía

Este derecho de vía comprende una faja de terreno por debajo de las líneas eléctricas y en dirección a la trayectoria de la ruta de la línea, agregado una faja de terreno en su lado lateral desde los caminos públicos que sirven de acceso a ellas, a fin de realizar las actividades de construcción y mantenimiento de las líneas eléctricas.

Estaqueo

En el sitio de construcción de obra, la ubicación de postes y anclaje deberá ser señalado a través de estacas, las cuales serán enumeradas en orden formal. Las estacas deberán pintarse de color amarillo o rojo.

La ubicación de señalamiento de postes, la estaca indicara la posición del centro de este, haciendo referencia del punto antes de remover e iniciar la excavación.

Para el señalamiento de ancla, deberá efectuarse colocando la posición de la estaca en el lugar donde debe aparecer, a nivel del suelo la varilla de anclaje, por tanto, la perforación del hoyo para la colocación del bloque ha de hacerse más alejado del poste que la estaca de anclaje, a una distancia que varíe dependiendo de la longitud de la varilla y siguiendo una dirección radial con respecto al sitio del poste.

Apertura de huecos y erección de postes

Todos los huecos para postes deberán ser suficientemente amplios para permitir el uso de apisonadores a todo el contorno del poste en la profundidad completa del hueco.

En terrenos inclinados la profundidad del hueco para postes siempre será medida desde el lado más bajo del mismo. Luego de colocar los postes deberán quedar alineados y mantenerse a plomo hasta el montaje de su estructura. Estos postes deberán quedar en alineación con huecos para los pernos en la posición conforme aplicación. Los huecos para erección de postes se rellenarán con material adecuado y serán bien apisonados en niveles de no más de 10 cms de espesor. Cuando el material extraído del hueco no sea adecuado para la compactación, deberá obtenerse el material adecuado en los lugares cercano del sitio de trabajo. Terminada la obra de construcción donde se instaló la estructura, ya sea en área urbano o rural, el área debe quedar libre de material sobrante y desechos.

Montaje de postes

Todos los postes a utilizarse deberán cumplir con las especificaciones descrito en el tomo especificaciones técnica de materiales de distribución.

Los postes utilizados en las líneas de distribución no deberán contener papeles ni anuncios pegados, fracturas, tachuelas o clavos, etc. Así mismo deberán estar libres de todo agujero y cualquier tipo de muesca, salvo lo estipulado en las especificaciones técnicas. No se usarán postes que hayan sido arrasados, a menos que se sometan a un nuevo tratamiento con los preservativos apropiados.

Selección de Postes.

En los ángulos de remates, en esquina o donde se tenga que instalar transformadores, se tendrá el cuidado de seleccionar postes grandes 40' y de fibra fina en el caso que sea madera.

En las áreas urbanas se deberá implementar el uso exclusivo de los postes de concretos redondos y en las zonas rurales los postes de madera. Salvo en aquellos lugares que no lo permitan por determinadas circunstancias tales como:

- Tipos de suelo
- Humedad
- Condiciones climáticas
- Niveles de terreno
- Etc.

Profundidad Mínima de Entierre.

Las profundidades de entierre para los postes no deberá ser menor que la establecida en la Col. No 1

LONGITUD DE POSTE (PIES)	PROFUNDIDAD MINIMA DE ENTIERRA (PIES)			
	POSTE DE MADERA		POSTE DE CONCRETO	
	Col. 1 en Tierra	Col. 2 en Roca sólida	Col. 1 en Tierra	Col. 2 en Roca sólida
25	5.0	3.5	5.0	4.0
30	5.5	3.5	5´.6"	4´ 6"
35	6.0	4.0	6´.0	4´ 6"
40	6.0	4.0	6´.6"	5´.0
45	6.5	4.5	7´.6"	5´.6"
50	7.0	4.5	8´.6"	6´.0
55	7.0	5.0		

Tabla 3, Profundidad de entierre de postes Fuente Norma ENEL, 1998.

En la presente tabla se muestra los diversos postes existentes en el país que, de acuerdo a su uso final, se debe tomar en cuenta el nivel de profundidad que se deben de enterrar, de acuerdo a su material y tamaño.

Instalación de los Postes.

Los postes deberán ser instalados de tal manera que las muescas para las crucetas estén alternadamente mirando en dirección opuesta, excepto en los terminales y remates donde las muescas de los últimos postes estarán irando al terminal o remate.

Si por la topografía del terreno los postes se tienen que instalar muy separados entre sí, se deberá tener el cuidado de enterrarlo de manera que las crucetas estén del lado del poste que se aparta del vano largo. Los postes deberán estar enterrados con verticalidad, alineados, exceptos en puntos de ángulos, esquinas, terminales u otros puntos de esfuerzo de manera que los conductores queden en línea.

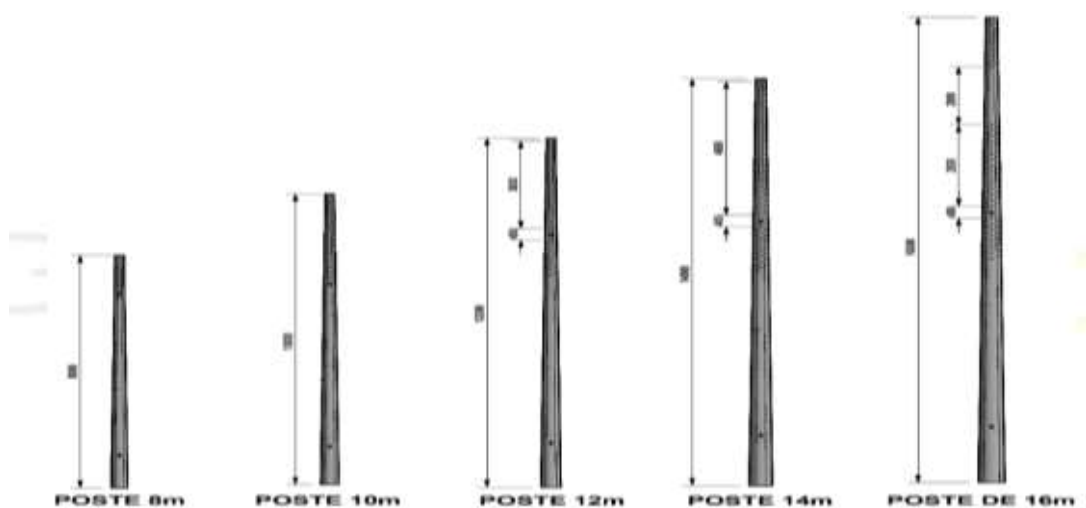


Ilustración 5, tamaños de postes Fuente Norma de construcción de redes MT, ENEL, 1998

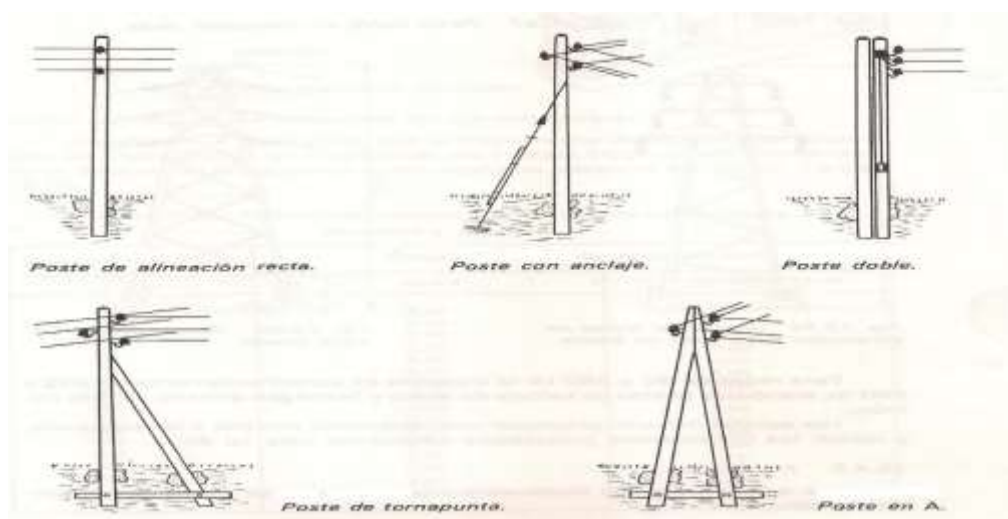


Ilustración 6, Estructuras de postes Fuente Norma de construcción de redes MT, ENEL, 1998

En dichos casos, los postes serán enterrados desviados contra el fuerza del conductor no pulgadas por cada diez (10) pies de la longitud del poste, después que los conductores hayan sido instalados a la tensión requerida.

El rellenado para la base de los postes deberá hacerse apisonando en toda la profundidad del agujero, a fin de obtener la máxima compactación posible. El exceso de tierra deberá ser acumulado alrededor del poste.

Montaje de Herrajes (Primarios y Secundarios);

Soporte de Secundarios.

Los herrajes que soportan el secundario deberán ser instalados en los postes viendo hacia la calle.

Espiga Punta de Poste.

Cuando se use la espiga punta de poste como soporte del primario deberá instalarse sobre el poste en cualquiera de las siguientes formas:

- a) A lado opuesto de la muesca de la cruceta.
- b) Del lado de la calle de contrario si la línea en recta, para postes en ángulo al lado del poste menos de una (1) pulgada por cada diez (10) pes de la longitud del poste, y no más de dos (2) puesto de ángulo.

La espiga punta de poste siempre se instalará con la parte plana contra el poste en el caso de los postes de madera.

Contratuerca.

Con cada tuerca en herrajes u otro asegurador roscado, se deberá instalar una contratuerca en todos los pernos.

Retenidas.

Se exigirá guarda retenidas en los lugares de mucho tránsito peatonal o motorizado. En los puntos donde sea necesario instalar retenidas, dicho punto deberá ser puesto a tierra, debiendo además seguirse las indicaciones de la unidad de aderezamientos. Donde sea necesario instalar dos o más retenidas, estas deberán ser interconectadas entre sí por medio de conductores de conexión apropiadas.

Las retenidas deben ser instaladas antes del tendido de conductores. Deberán asegurarse de que cada retenida instalada deberá desarrollar la efectiva tensión requerida. Cando se instale en un mismo poste varias retenidas, todas deberán quedar tensada a fuerza participativa correspondiente.

Ancla y Varillas.

Todas las anclas y varillas de anclajes estarán en líneas con el esfuerzo y deberán ser instaladas de manera tal que la varilla sobresalga 6" (seis pulgadas) aproximadamente del nivel del suelo. En campo cultivados o en otros sitios en que se juzgue necesarios, se permitirá que la varilla de anclaje sobresalga hasta 12" (doce pulgadas) para prevenir que el ojo de la misma quede enterrado.

En terrenos suaves, es decir que no ofrecen resistencia a la abertura de agujeros, se usará la unidad de anclaje para retenida D2-1. Si el terreno es flojo se podrá usar la unidad de anclaje para retenida D1-2 y conforme a entierre de ancla con piedra compactada (D-5) en correspondencia a la fuerza que se necesita contrarrestar.

En claros relativamente largos se deberá calcular dicha fuerza, a fin de determinar la unidad de anclaje correspondiente.

Fuerza Axial en lb	Unidad de Anclaje a usar
menos de 8,000 lb	D-2-1
de 8,000 a 10,000 lb	D-1-1
de 10,000 a 12,000 lb	D-1-2
de 12,000 a 16,000 lb	

Tabla 4, Valores de fuerza para determinación de anclajes Fuente, Norma de construcción de redes MT, ENEL, 1998

En terrenos compactos, se podrá usar la unidad de anclaje para retenida tipo hélice capacidad de retención 2,500 libras. En terrenos firmes cubiertos con una capa de sonsoquite (tierra arcillosa y pegajosa; es de color rojizo, se deberán usar anclas de hélice, unidades ancla hélice terrenos flojos. El relleno de todos los huecos de anclas deberá hacerse apisonándose fuertemente en su profundidad total, se deberá poner aisladores en las retenidas como punto de aislamiento.

Aisladores Tipo Espiga.

Cuando se use postes altos para librar obstáculos tales como edificios, cruce de alambres, pistas bastantes anchas, etc., al nivelar las líneas, los aisladores tipo espiga no deberán ser sometidos a ningún esfuerzo en ninguna de las direcciones de los postes bajos.

Puestas a Tierras.

Los electrodos de conexión a tierra (varilla, placa, etc.) deberán ser enterradas de acuerdo a las unidades de aterrizamiento. Esto nos favorece a una mejor polarización de la red eléctrica, y el aterrizaje de alguna descarga atmosférica o cortocircuitos en la red.

Las varillas normalmente usadas como electrodo de conexión a tierra serán varillas de cobre de 5/8" x 8' y deberán ser enterrados en tierras compactas que no haya sido removida.

La parte superior de la varilla deberá estar por lo menos 12" bajo la superficie de a tierra, será fijado a este último por medio de una mordaza y asegurado al poste con grapas. Estas deberán tener entre si un espaciamiento de dos pies, excepto para las secciones superiores e interior del poste, donde el espaciamiento será de 8' arriba del nivel de suelo y 8' debajo de la punta respectivamente.

Todos los puntos donde se tengan que instalar transformadores, medidores, reguladores, recerradores, cuchillas seccionadoras, capacitores, grupos de interruptores, pararrayos, etc., deberán ser indiscriminadamente puestos a tierra. En un punto del sistema, donde un equipo este protegido por pararrayos, tanto el equipo, como el conductor de puesta a tierra del sistema y los pararrayos, deberán ser conectados al conductor del electrodo de conexión a tierra común, por medio de conductores de conexión a tierra apropiadas. Además, deberán existir dos puestas a tierra adicionales, colocadas preferiblemente en los postes adyacentes al poste donde se instalará el equipo.

Conductores

En general se deberá usar el conductor ACSR (conductor de Aluminio con acero reforzado) en toda construcción nueva de primario y neutro. El conductor ACSR puede cambiarse con conductores de cobre (en el caso del bajante a tierra). El secundario con conductores ACSR o AA deberán estar bajos los conductores primarios o bien los conductores del secundario podrán estar bajo el neutro común con el primario.

El calibre mínimo de conductor ACSR o AA que se permite es el N° 2, a excepción del dúplex N° 1/0, el N° 2 se podrá usar en ramales de derivaciones cortas. Salvo excepción del N° 4 en derivaciones bastante cortas y que presente poca carga y donde las ampliaciones son complejas. El conductor neutro no deberá ser nunca mayor de 4/0 ACSR o equivalente ni menor del N° 4 ACSR o equivalente.

Inhibidor:

Un inhibidor apropiadamente deberá ser usado antes de efectuar un empalme o puestas de conductores de aluminio.

Conductor para neutro:

En construcciones tipo tangente y para ángulo no mayores 30°, el conductor para neutro deberá ser mantenido en un solo costado del poste, lado de la calle.

Amarre de los conductores:

Los conductores deberán ser atados en la parte superior de la ranura del aislador si estos son del tipo espiga y están en estructura tangente, debiendo la ranura estar en línea paralela con el conductor.

Los conductores serán atados al lado del aislador de espiga, opuesto al esfuerzo, cuando sean estructuras para ángulo.

Empalme:

En ningún caso podrá existir más de un empalme por conductor en cada vano, debiendo estar los maguitos de empalme situados por los menos 10' del soporte del conductor.

Bajante:

Todos los bajantes a equipos: transformadores, recerradores, etc., deberán tener una capacidad de corriente no inferior a la del conductor de cobre N° 6 AWG.

Especificaciones técnicas de materiales normados.

Para lograr un mejor diseño de una red eléctrica, debemos conocer cada especificación técnica de los materiales y accesorios a usar para el montaje de una estructura eléctrica, de la misma manera obtener datos de fabricantes de las luminarias a instalar dentro de un proyecto.

Luminaria de alumbrado:

Luminaria de Alumbrado Público, 240 Volts, 60 Hz. Con sus respectivos accesorios para uso exterior, montaje horizontal a prueba de agua y rayos ultravioleta. El cuerpo de construcción robusta de superficie exterior lisa y esmaltada, deberá ser manufacturado de aleación de aluminio fundido. Con conexión metálica apropiada para su unión al brazo de suspensión de diámetro nominal 1 ¼".

Las luminarias deberán presentar una cubierta de vidrio, alto factor de potencia y utilizaran bombillos 70, 150 y 250 Vatios, vapor de Sodio en Alta Presión, el cepo (base) corresponderá para los casquillos, Mogul E-40. Presentaran una distribución media Semi – Cut-off, tipo III. Así también cumplan las ultimas normas publicada por Illuminating Engineering Society (IES)

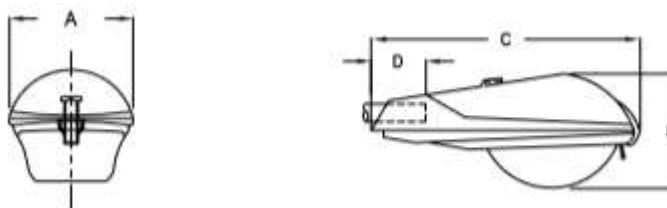


Ilustración 7, Representación de luminaria Fuente, Norma de construcción de redes MT, ENEL-1998, año 2006

Especificaciones particulares:

CODIGO ENEL	POTENCIA WATTS	DIMENSIONES (PULG)					PESO APROX. LBS	SIMILAR O REFERENCIA GENERAL ELECTRIC
		A	B	C	D	Brazo nominal		
	70	13.25	11.50	27.5	4.75	1 1/4	21-24	M250A2
	150	17.25	13.75	35.5	5.37	1 1/4	32-38	M2AR07S3A2GMS31F
	250	17.25	13.75	35.5	5.37	1 1/4	32-38	M400A2
								M4AR15S3A2GMS31F
								M4AR15S3A2GMS31F

Tabla 5, fuente Norma de construcción de redes MT, ENEL-1998, año 2006

Balastro para luminaria de alto vapor de sodio:

Cable Dúplex, AAC, aéreo, 600 Voltios. Compuesto por un conductor de fase de aluminio cableado concéntrico con aislamiento de polietileno negro resistente a la intemperie. Fase aislada, entrecruzada, identificadas marcado en relieve a intervalos regular- propiedad de ENEL. El neutro 6 mensajero desnudo completamente en aluminio (AAC). El conductor de fase y neutro deberán estar formado por 7 hilos y cumplirán las especificaciones B-230, B-321, 1350 H-19, ASTM, IPCEA, S-61-402.



Ilustración 8, Balastro de alto vapor de sodio Fuente, Norma de construcción de redes MT, ENEL-1998, año 2006

Especificaciones particulares:

CODIGO ENEL	Conductor de Fase				Conductor Mensajero		Cable Completo	Nombre Clave
	Calibre de Fase AWG	Diámetro del Conductor (mm)	Espesor del Aislamiento (mm)	Diámetro total (mm)	Mensajero AAC Calibre AWG	Diámetro del conductor (mm)	Peso total (aprox) (kg/km)	
	2	7.42	1.2	9.82	2	7.42	255	
	4	5.88	1.6	9.08	4	5.88	158	
	6	4.66	1.6	7.86	6	4.66	107	<u>Doberman</u> <u>Caim</u> <u>Cocker</u>

Tabla 6 Especificaciones de conductores Fuente, Norma de construcción de redes MT, ENEL-1998, año 2006

Control fotovoltaico:

Código ENEL (557100-0016); el control fotoeléctrico es una cubierta fabricada de metal de aluminio galvanizado o material plástico de polipropileno. Deberá cumplir los procedimientos de control de calidad para uso exterior, expuestos a las adversas condiciones del ambiente, estabilidad contra luz ultravioleta, excelente retención de calor, alta resistencia a la combustión e impacto. En su interior utiliza una célula de sulfuro de cadmio de 0.5 in^2 . Deberá cumplir las normas especificadas por NEMA y ANSI.

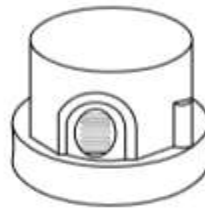


Ilustración 9, Fotocelda. Fuente, Norma de construcción de redes MT, ENEL-1998, año 2006

Especificaciones particulares:

Tensión nominal (Volts)	Potencia Mínima (watts)	Rango (Lux)	Retardo operación (Seg)	Temperatura de Operación (°C)	Peso aprox. (Onzas)
240	1000	3 a 5	20 a 40	-40° a 70°	3 1/2

Tabla 7 Especificaciones para fotoceldas. Fuente, Norma de construcción de redes MT, ENEL-1998, año 2006

Brazo de soporte para luminaria:

El soporte de suspensión de luminaria deberá ser fabricado de acero galvanizado o aluminio de alta resistencia y provisto de todos los accesorios para montaje e poste de concreto, con diámetro que oscilan entre 5 a 8 pulgadas. La longitud y el poste. El diámetro del soporte superior es de 1 1/4" y el esfuerzo inferior es de 3/4 ". Todo galvanizado deberá hacerse después de efectuarse las soldaduras necesarias y las superficies presentaran un acabado liso fino.

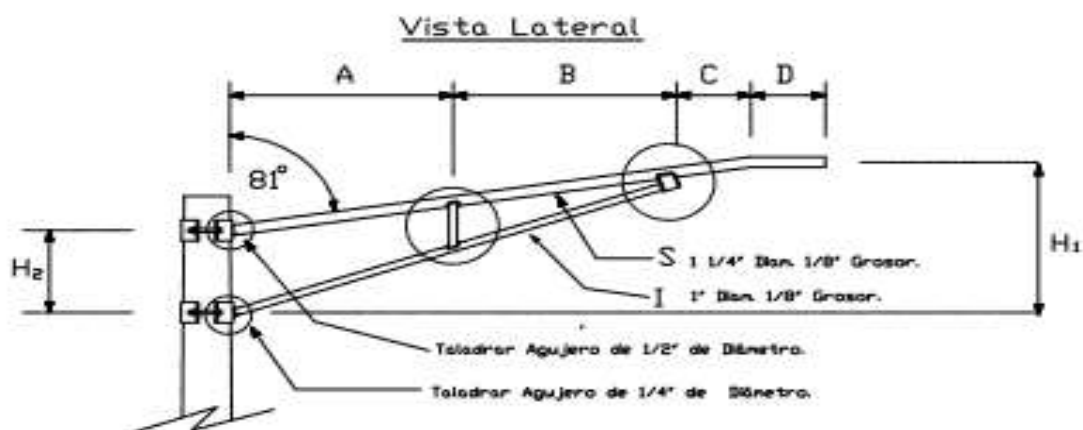


Ilustración 10, Representación lateral de brazo de soporte de luminaria. Fuente Norma de construcción de redes MT, ENEL-1998, año 2006

Especificaciones particulares:

CODIGO UNION FENOSA	DIMENSIONES (Pulg)									Peso aproximado (Lbs)
	Longitud		Horizontal		Elevación		Diámetro		Espesor	
	A	B	C	D	H ₁	H ₂	S	I	X	
x x x x	27	27	9	9	22	12	1 1/4	3/4	1/8"	16
x x x x	36	36	12	12	22	12	1 1/4	3/4	1/8"	23

Tabla 8 Especificaciones particulares para soporte de luminarias Fuente, Norma de construcción de Alumbrado Público DN-DS, año 2009.

Bombillos de Sodio:

Los bombillos de vapor de sodio en alta presión deberán ser fabricados en ampolla de vidrios endurecidos, color a emitir amarillo, voltaje nominal 240 Voltios, 60 Hz. Conforme a normas establecidas por Illuminating Engineering society IES, ANSI.

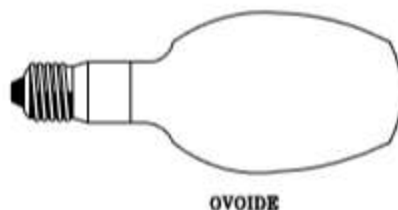


Ilustración 11, Bombillo de vapor de sodio, tipo ovoide. Fuente, Norma de distribución de redes MT, ENEL-1998.

Especificaciones particulares:

CODIGO ENEL	Potencia Vatios	Forma Bulbo	Designación Bulbo	Tipo Casquillo	Corriente (VOLTS)	Flujo Luminoso inicial (LMS)	Flujo Luminoso Principal (LMS)
	70	Ovoide	E-23 ½	E-40	1.0	5,860	5,270
	150				1.8	15,000	13,500
	250		BT-28		3.0	28,500	25,600

Tabla 9 especificaciones particulares del bombillo de sodio Fuente Norma de construcción de redes MT, ENEL-1998, año 2006

Todos los bombillos deberán presentar una vida promedio de 24,000 horas.

Bombillos de Mercurio

Los bombillos de vapor de mercurio en alta presión deberán ser fabricados en ampolla de vidrio endurecidos, color (blanco). Voltaje nominal 240 Voltios, 60 Hz, conforme a normas establecidas por Illuminating Engineering Society (IES), ANSI.

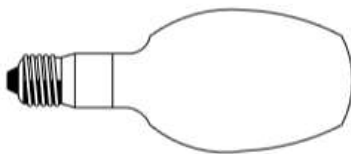


Ilustración 12, Bombillo de Mercurio. Fuente, Norma de distribución de redes MT, ENEL-1998.

Especificaciones particulares:

CODIGO ENEL	Potencia Vatios	Forma Bulbo	Designación Bulbo	Tipo Casquillo	Corriente de Operación (AMP)	Flujo Luminoso Inicial (LM)	Flujo Luminoso Principal (LM)
	100	Ovoide	E-23 ½	E-27	0.8	4,000	3,200
	125		E-23 ½		0.8	6,250	5,000
2507000043	175		BT-28	Mogul 40	1.55	8,600	7,200
2526000060	250		BT-28		2.15	12,775	10,740
2526000074	400		BT-28		3.4	22,500	17,500

Tabla 10 fuente, especificaciones particulares del bobillo de Mercurio Fuente Norma de construcción de redes MT, ENEL-1998, año 2006

Todos los bombillos deberán presentar una vida promedio de 24,000 horas

Clasificación de los brazos y postes de alumbrado público.

Los brazos de alumbrado público pueden ser clasificados en cinco tipos (A, B, C, D, E) de acuerdo con las características como el ángulo de inclinación del montaje (Y°), número de dobleces del mismo, alcance, altura, etc.

Los brazos tipo A se usan para 400W Na, tipo B para 250W Na, tipo C para 150W y 70W Na, tipo D para 70W Na aplicados en vías peatonales; el tipo E para 70W Na es una aplicación especial y el OR lo usa únicamente en las vías peatonales del servicio de transporte masivo.

Si en determinada aplicación se debe realizar una modificación al brazo para mejorar los niveles de iluminación o cumplimiento con el Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público (RETILAP), se debe presentar el diseño lumínico junto con las razones técnicas de su utilización y las especificaciones de este.

Brazo tipo	Luminaria de Na (w)	Angulo de inclinación luminaria	Radio de doblez (r)		L1 (m)	L (m)	L2 (m)	LT (m)	Diámetro		Alcance A	Altura del brazo (k) (m)	Altura libre de brazo HL (m)
			(cm)	(pulg)					(mm)	(pulg)			
A	400	15°	50.8	20	0.45	2.2	0.35	3	38.1	1-1/2°	1.44	2.44	1.84
B	250	15°	50.8	20	0.45	1.2	0.35	2	38.1	1-1/2°	0.94	1.58	0.98
C	150/70	15°	50.8	20	0.45	1.2	0.35	2	31.7	1-1/4°	0.94	1.58	0.98
D	70	0°	50.8	20	0.35	0.30	0.15	0.8	31.7	1-1/4°	0.41	0.50	0.15
E	70	0°	137.4	54.1	0.39	1.0	0.20	1.705	38.1	1-1/2°	1.2	0.72	0.33

Tabla 11 Especificaciones particulares de los tipos de brazos en postes. Fuente, Norma de construcción de redes MT, ENEL-1998, año 2006

Brazo para soporte de luminarias.

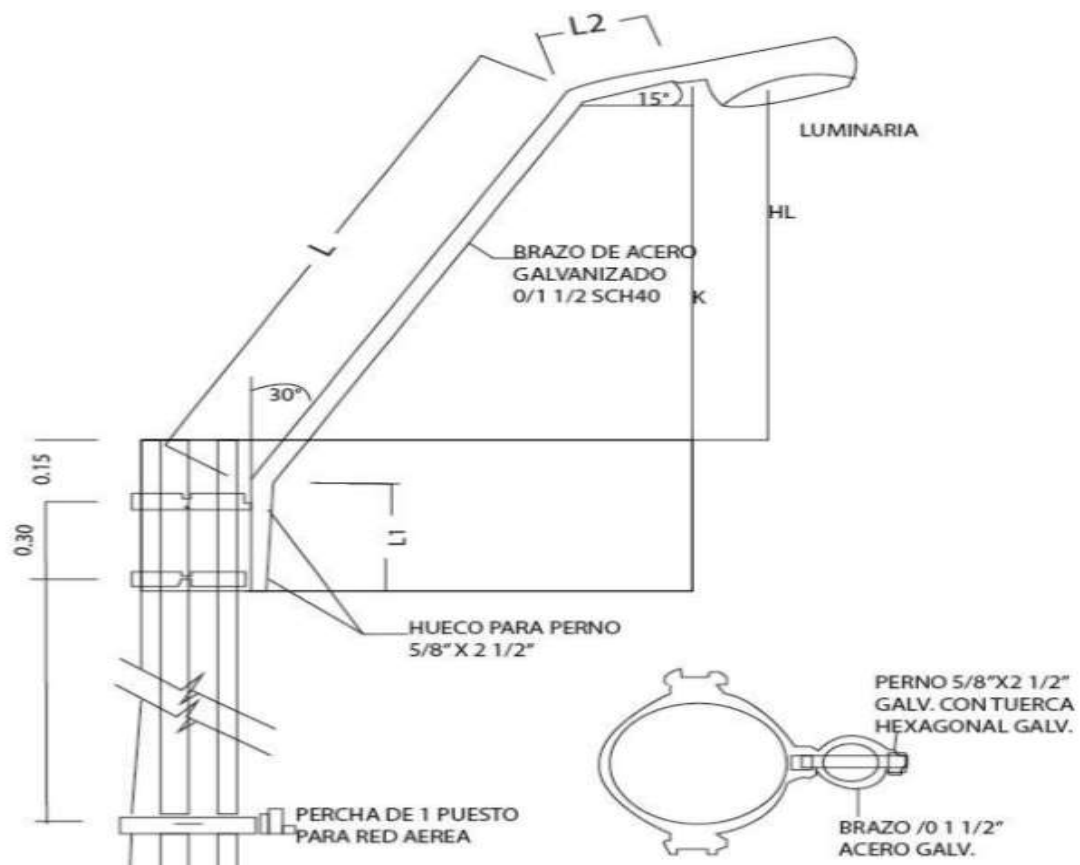


Ilustración 13 Brazo para soporte de luminarias tipo A, B, C. Fuente, Norma de construcción de redes MT, ENEL-1998, año 2006

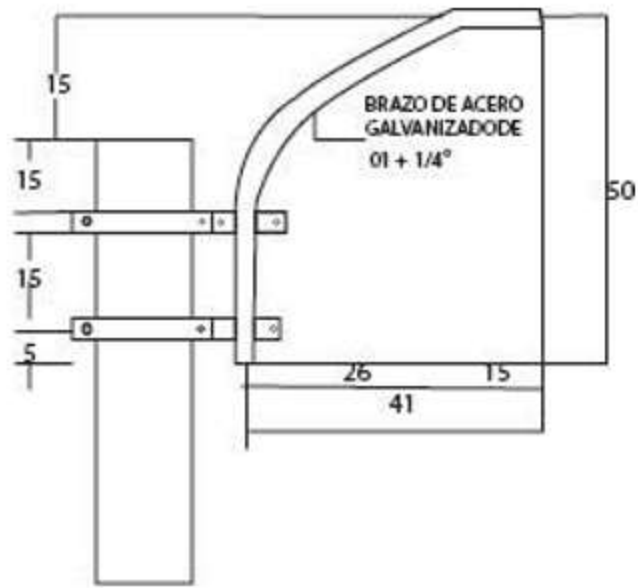


Ilustración 14, Brazo para soporte de luminarias tipo D. Fuente, Norma de construcción de redes MT, ENEL-1998, año 2006

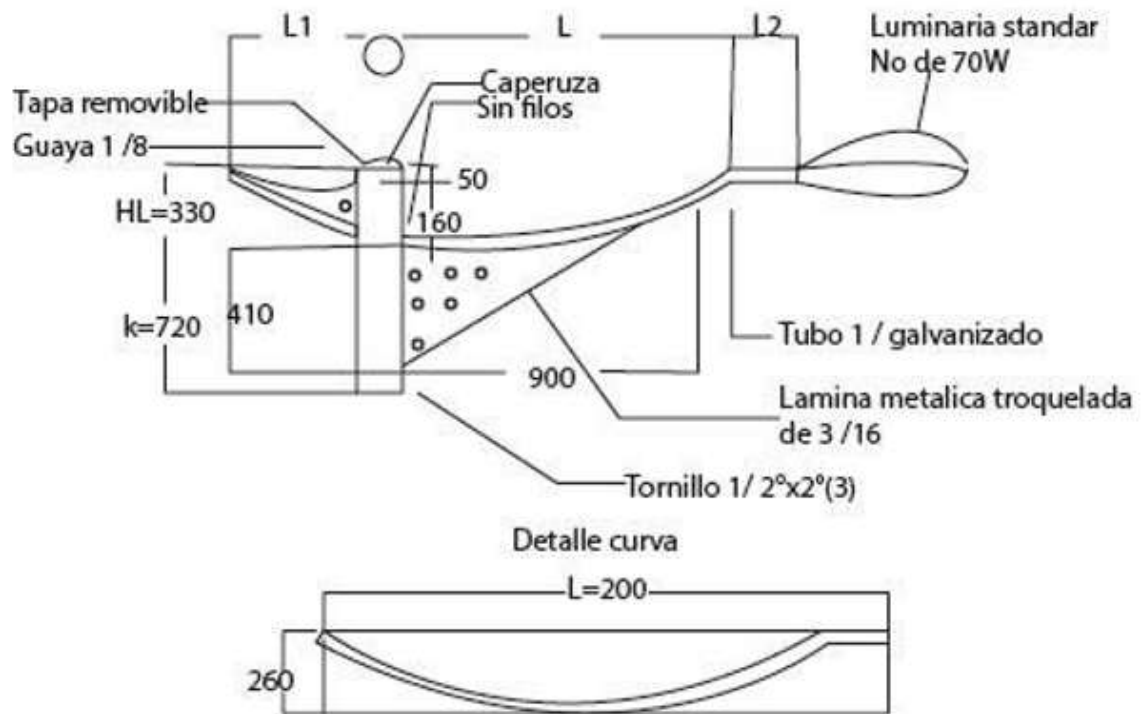


Ilustración 15, Brazo para soporte de luminarias tipo E. Fuente, Norma de construcción de redes MT, ENEL-1998, año 2006

Luminaria de Na (w)	Altura de poste * (m)	Carga de diseño en poste de concreto (kg)	Brazo tipo	Altura libre Brazo+ anden (m)	Altura de montaje de luminaria (m)
400	12	510	A	1.99	12.2
250	12	510	B	1.13	11.3
150	10	510	C	1.13	9.5
70	8	510	C	1.13	7.7
	7.25	No metálico	D	0.15**	7.7
	7.8	No metálico	E	0.33**	8.18

Tabla 12 Postes a utilizar en alumbrado de vías. Fuente, Norma de construcción de redes MT, ENEL-1998, año 2006

Características del Sistema en el Alumbrado Público.

El alumbrado público es una pieza fundamental para la infraestructura urbana, a través de los años la Empresa Nacional de Transmisión Eléctrica (ENATREL) se ha encargado en aumentar su capacidad de instalación de alumbrado público en Nicaragua haciendo uso de nuevas tecnologías. Sin embargo, para lograr la ejecución de dicha instalación, es necesario seleccionar el conjunto de elementos que conforman un sistema de alumbrado público desde su estructura hasta su control y manejo.

Los elementos que conforman un sistema de Alumbrado Público son los siguientes:

a) **Transformador de distribución:** Se denomina transformador a una máquina eléctrica que permite aumentar o disminuir la tensión en un circuito eléctrico de corriente alterna, manteniendo la frecuencia. Los sistemas de alumbrado público deben de contar con un transformador propio y exclusivo para su uso. Esta conexión evitará problemas de efectos en la línea por transitorios generados por usuarios, y así mismo, que los generados en el sistema de alumbrado, no se reflejen en los de los usuarios.



b) **Fotocelda:** Dispositivo de encendido y apagado automático en contactor de estado sólido controlado por fotocelda electrónica individual para uso en receptáculo estándar tipo girar-enllava IEEE-NEMA en cada circuito de alumbrado público.



La fotocelda es un aparato electrónico capaz de cortar el paso de la energía eléctrica, esto en términos llanos, lo que sí es importante indicar es que el corte de energía lo realiza cuando se expone a cierta cantidad de luz, esto es lo que se aplica en el alumbrado público, donde por las mañanas las lámparas se apagan al cortar la energía y se encienden en las tardes cuando comienza a oscurecer volviendo a dar paso a la corriente.

Nota: La fotocelda deberá estar orientada hacia el norte.

c) Para su instalación se utilizarán los siguientes conductores:

- En sistemas soterrados se utilizarán conductores con aislamiento de polietileno entrecruzado (90 °C, XL PE) de conductor individual de 600 voltios en conducto de cloruro de polivinilo (PVC).
- En sistemas aéreos se utilizarán conductores trenzados con aislamiento de polietileno entrecruzado (XLPE - 90 °C).

d) Las luminarias deben ser de descarga de alta intensidad de vapor de sodio (HPS) se conectarán a un servicio de 240 Voltios con base de bombilla tipo Mogul y balastos tipo HPF para luminarias mayor a los 150W y menor a los 250W (CWA). Las bombillas de alta intensidad de vapor de sodio (HPS) deben ser de la misma capacidad del balastro para sistema múltiple.

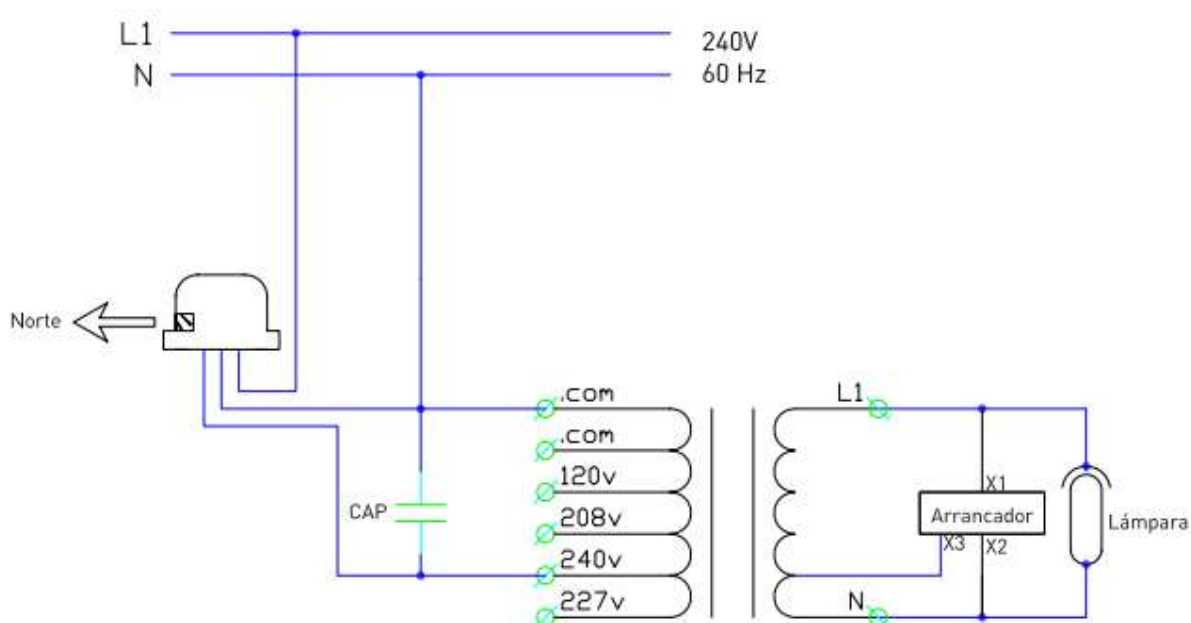


Ilustración 16, Conexión de lampara HID vapor de sodio. Fuente, Instructivo de alumbrado público, DN-DS, año 2009

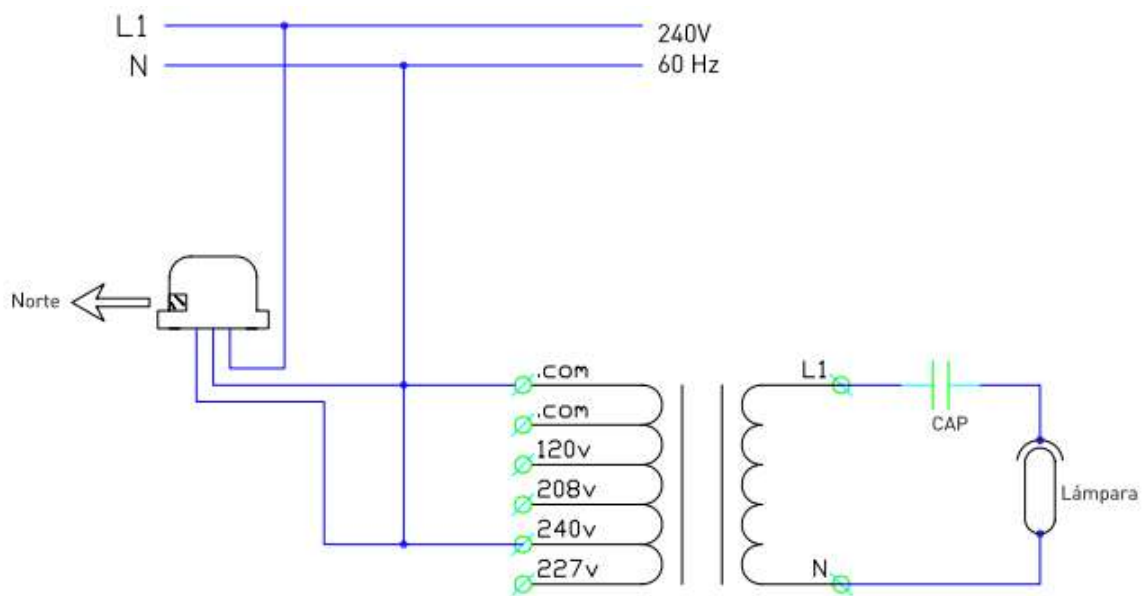


Ilustración 17, Conexión de lámpara HID de mercurio. Fuente, Instructivo de alumbrado público, DN-DS, año 2009

Los bombillos con casquillos tipo Mogul están diseñados para soportar potencias superiores de 250 a 1,000 vatios. Para soportar las altas temperaturas asociadas a estas aplicaciones, los casquillos con casquillo Mogul suelen estar fabricados con materiales como la porcelana fundida. Además de los tipos de bombillas tradicionales, como las halógenas y las de vapor de mercurio, halogenuros metálicos y sodio de alta presión, también hay bombillas LED con casquillo Mogul y bombillas fluorescentes compactas disponibles en el mercado. Estas bombillas ofrecen alternativas energéticamente eficientes para diversas necesidades de iluminación en entornos industriales y comerciales.



Ilustración 18

Actualmente las luminarias normadas por la Empresa Distribuidora de Electricidad DISNORTE-DISSUR son; las Luminarias Vapor de Sodio de 150 y 250 HPS (alta presión de Sodio), pero existe una gran cantidad de Luminarias de Mercurio y Luminarias LED de diferente potencia.

Balastro tipo HPF (High Pass Filter- Filtro de paso alto), es un equipo que sirve para mantener un flujo de corriente estable en lámparas, ya sea un tubo fluorescente, lámpara de vapor de sodio, lámpara de haluro metálico o lámpara de vapor de mercurio. Se utilizan para limitar la corriente de la bombilla al valor requerido, suministrar la tensión apropiada para iniciar el arco, permitiendo así una operación correcta de la bombilla en las luminarias del sistema de alumbrado público.

Los balastros para bombillos de sodio en alta presión, 240V, 60 Hz, están compuestos de un transformador, condensador y el Star (encendido).



Ilustración 19, Balastro Modelo A (Advance Phillips)



Ilustración 20 Balastro de dos bobinas.

El balastro permite la regulación de la corriente de encendido del bombillo, estos son de alto factor de potencia (HPF) conforme a norma ANSI C-78 se fabrican de laminación de acero eléctrico de bajas pérdidas, núcleo de laminación soldado con un máximo de superficie plana.

Esta normativa aplica únicamente al ámbito de nuevos desarrollos, para el caso de mantenimiento se utilizarán los materiales con especificaciones técnicas acordes con las características propias de la red existente de Alumbrado Público.

Los sistemas de alumbrado público soterrados se protegerán mediante contactor de estado sólido con montaje en poste que se conectará a la red soterrada.

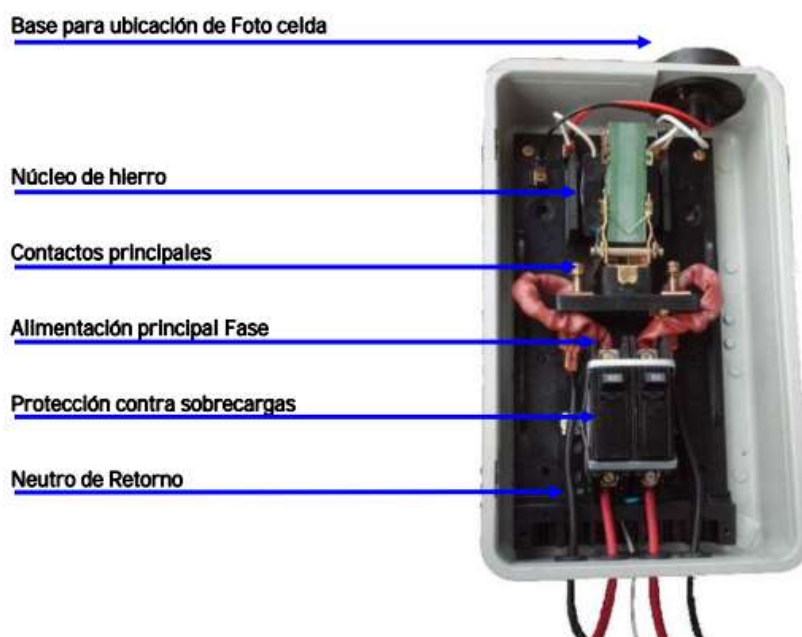


Ilustración 21, Contactor de mando de circuitos para AP. Fuente, Instructivo de alumbrado público, DN-DS, año 2009

Dispositivo con capacidad de interrumpir la corriente eléctrica en una instalación o receptor, con la posibilidad de ser accionado a distancia, este tiene dos posiciones de funcionamiento: en estado normal de reposo (normalmente abierto o normalmente cerrado), cuando no recibe acción alguna por parte del circuito de mando, y otra activa, cuando deja el estado de reposo acción.

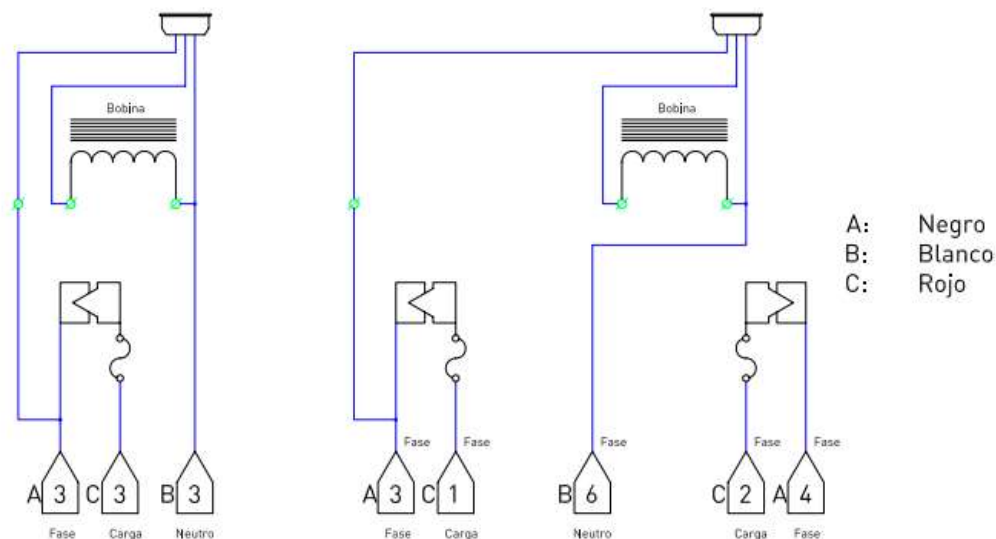


Ilustración 22, Diagrama de conexión de contactor de mando de circuitos para AP.

- e) Todo circuito de Alumbrado Público deberá contar con un equipo de medición que registre el consumo de energía activa (kWh) del mismo. Este deberá cumplir con las siguientes características:
- Nivel de tensión de 240 Voltios.
 - Monofásico, trifilar.
 - Clase 1.
 - 60 Hz.
 - Base A (tipo circuito).
 - Ser instalado en la salida de baja tensión (BT) del transformador que alimente el respectivo circuito del Alumbrado Público.

En general, para decidir la disposición en planta de las luminarias, se debe proceder a ubicar primero los puntos de iluminación en las intersecciones, curvas pronunciadas y otros puntos singulares de las calles o avenidas, para posteriormente hacerlo en los tramos rectos.

MANUAL TECNICO PARA EL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL ALUMBRADO PÚBLICO

Requerimientos para la aceptación de proyectos

En el caso de la aceptación y cumplimiento del proyecto de alumbrado público, el interventor debe informar a la empresa de distribución para proceder con la etapa de la construcción de las redes de alumbrado público.

La empresa de distribución únicamente recibe proyectos de alumbrado público cuando estos hayan pasado por la aprobación técnica de ENATREL; una vez culminada esta etapa se hace entrega a la empresa concesionaria del alumbrado público y esta será la encargada de su operación, reposición y mantenimiento.

Ubicación de los postes

Para la ubicación de la posteadura se debe tener en cuenta un factor determinante y es el sentido lógico del proyecto, en el que se deben tener en cuenta los objetos del ambiente inamovibles, entradas a viviendas si es un espacio urbano, garajes, estacionamientos, paraderos, etc.; una vez determinados y ubicados estos puntos se procederá al cálculo de las inter distancias máximas y ubicación real de los postes.

La empresa de distribución plantea algunas sugerencias que no deben ser camisas de fuerza, pues si bien sabemos, cada proyecto tiene especificaciones y necesidades diferentes, es por esto que esta tabla debe ser tomada como una referencia más no como una obligación, más aún cuando pueden usarse diferentes tipos de productos con diferentes tecnologías y fabricantes.

Los postes a implementar en el alumbrado público deben ser de concreto al igual que los postes ubicados en las zonas peatonales, a excepción de los que presentan una altura menor a 8 metros y en casos especiales de avenidas principales determinadas previamente.

Cálculo de la Distribución y Altura de Postes (*Energía, 2014*)

El cálculo de la distribución y altura de postes permite como su nombre lo indica el conocer la mejor distancia interpostal a la cual se deben colocar cada lampara para obtener un eficiente nivel de iluminación, la altura del poste nos indica de acuerdo con cada lampara la mejor altura de montaje recomendada por su respectivo fabricante para cada tipo de luminario. El tener una adecuada relación entre la distancia interpostal y la altura de la luminaria nos permite obtener un excelente confort visual con un eficiente nivel de iluminación.

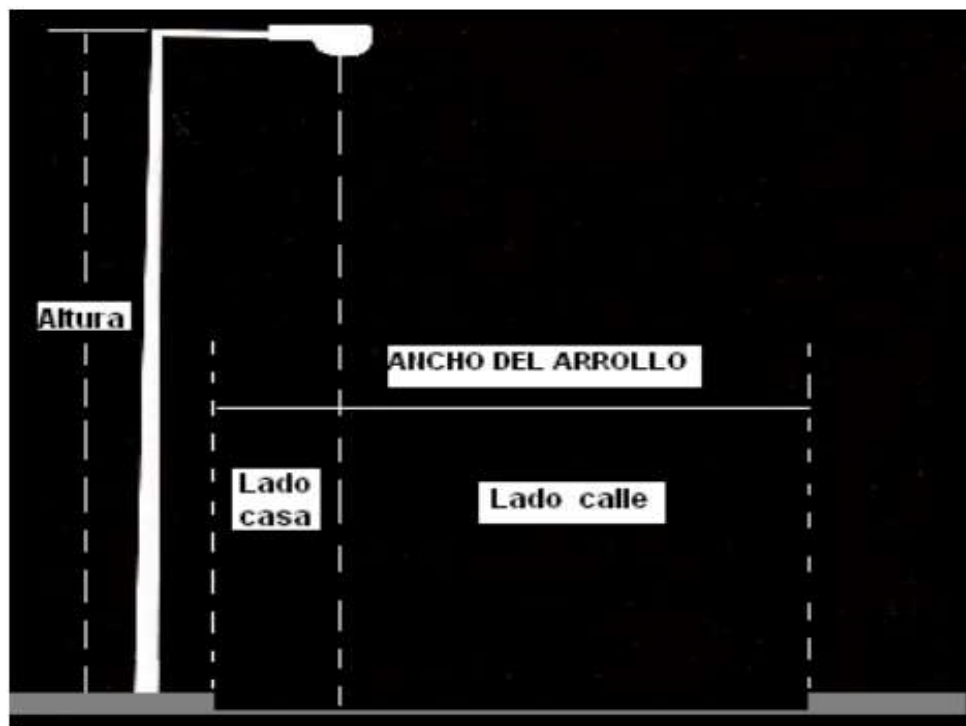


Ilustración 23, Representación distancia y altura de una luminaria Fuente, Energía, año 2014.

Para poder comenzar con el cálculo se debe delimitar las distancias de los elementos fundamentales que componen el sistema de alumbrado público, estos elementos los podemos observar en la Figura No.3

Altura Se refiere a la altura en la cual se instala la Luminaria

Ancho del arrollo ó distancia transversal del arrollo Es la distancia que existe entre la terminación de la acera y el comienzo de la acera opuesta.

Lado casa Es la distancia que existe entre el luminario y la terminación de la acera del lado donde se encuentra instalado.

Lado calle Distancia que existe entre el luminario y el comienzo de la acera opuesta a la que se encuentra instalado

Para obtener la altura del poste es necesario recurrir a los proveedores de las luminarias para alumbrado público, para saber cuáles son las alturas que ellos recomiendan, además podemos consultar la siguiente tabla observando la disposición de los postes y la distancia transversal del arrollo.

CLASE DE INSTALACION DE ILUMINACION	ANCHO DE LA CALLE (m)	DISPOCISION DE LUMINARIOS	ALTURA DE MONTAJE (m)
<i>Autopistas y calles con amplio tráfico de vehículos y poca circulación de peatones</i>	8 - 10	Unilateral y bilateral con centros alternos	10-12
	Mayor de 10	Bilateral con centros alternados o doble central	≥ 12
<i>Calle foránea con tráfico medio</i>	10 o menos	Unilateral	≥10
	Mayor de 10	Bilateral con centros alternos	10 - 12
<i>Calle urbana con tráfico motorizado y de peatones intensos</i>	8 o menos	Unilateral	≥ 8
	8 - 10	Unilateral y bilateral con centros alternos	8 - 10
		Bilateral con centros alternos u opuestos	≥10
<i>Calle con poco tráfico de vehículos y poco tráfico de peatones</i>	8 o menos	Unilateral	7.5
	Mayor de 8	Unilateral	8-9
<i>Calles en pequeñas poblaciones, con poco tráfico y sin peatones</i>	-	Unilateral	7.5- 9

Tabla 13 Clasificación de iluminación de acuerdo con el tipo de vías. Fuente, Energía 2014.

Tramos Curvos

En general se diseña contemplando tramos rectos, sin embargo, las calles y avenidas públicas presentan curvas y colinas o elevaciones que deben ser consideradas al momento del diseño y no se pueden modelar de igual manera que los tramos rectos. Para las condiciones antes descritas se recomienda reducir la separación entre luminarias para los tramos con curva, colinas o elevaciones, de forma de proveer una mayor iluminación y uniformidad. En conclusión, la distancia de tramos con curvas se debe reducir entre $\frac{3}{4}$ y $\frac{1}{2}$ de la correspondiente a los tramos rectos.

En tramos curvos las reglas a seguir son proporcionar una buena orientación visual y hacer menor la separación entre las luminarias cuanto menor sea el radio de la curva. Si la curvatura es grande ($R > 300$ m) se considerará como un tramo recto. Si es pequeña y la anchura de la vía es menor de 1.5 veces la altura de las luminarias se adoptará una disposición unilateral por el lado exterior de la curva. En el caso contrario se recurrirá a una disposición bilateral pareada, nunca tresbolillo pues no informa sobre el trazado de la carretera.

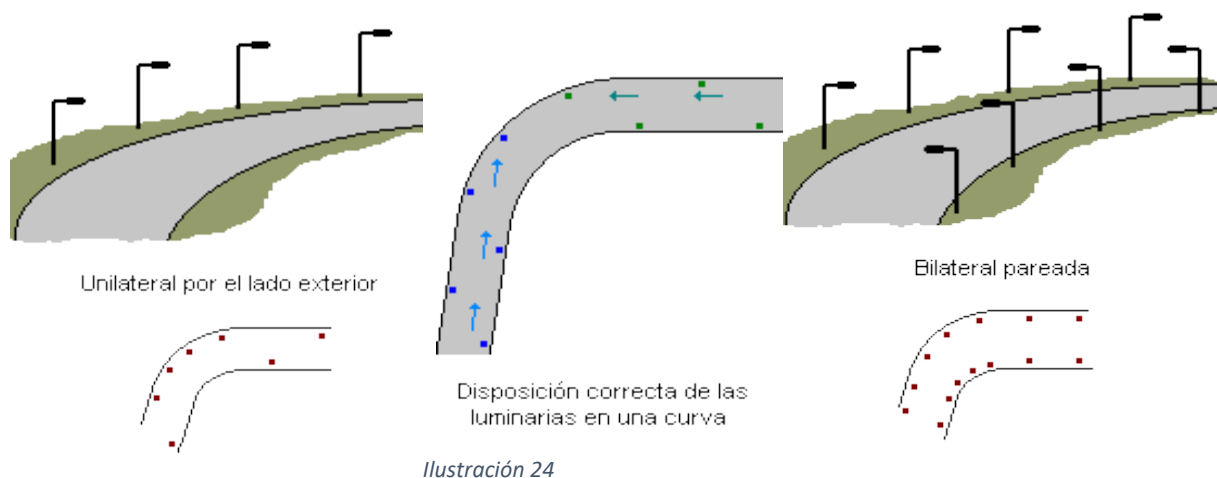


Ilustración 24

Intersecciones

En intersecciones de calles, avenidas, etc., el nivel de iluminación será aproximadamente igual a la suma de los niveles de iluminación de las calles que se intersecan.

En cruces conviene que el nivel de iluminación sea superior al de las vías que confluyen en él para mejorar la visibilidad. Asimismo, es recomendable situar las farolas en el lado derecho de la calzada y después del cruce. Si tiene forma de T hay que poner una luminaria al final de la calle que termina. En las salidas de autopistas conviene colocar luces de distinto color al de la vía principal para destacarlas. En cruces y bifurcaciones complicados es mejor recurrir a iluminación con proyectores situados en postes altos, más de 20 m, pues desorienta menos al conductor y proporciona una iluminación agradable y uniforme.

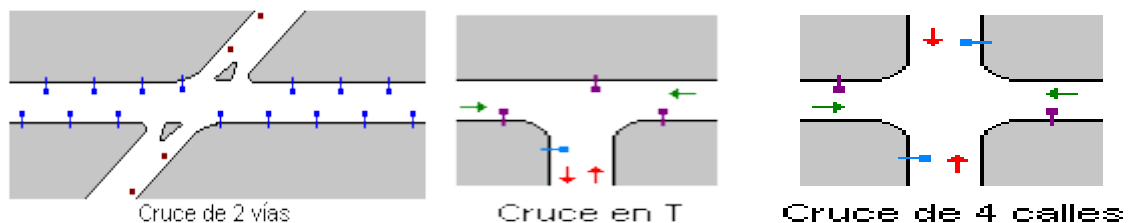


Ilustración 25

Plazas o rotondas

En las plazas y rotondas se instalarán luminarias en el borde exterior de estas para que iluminen los accesos y salidas. La altura de los postes y el nivel de iluminación será por lo menos igual al de la calle más importante que desemboque en ella. Además, se pondrán luces en las vías de acceso para que los vehículos vean a los peatones que crucen cuando abandonen la plaza. Si son pequeñas y el terraplén central no es muy grande ni tiene arbolado se puede iluminar con un poste alto multibrazo. En otros casos es mejor situar las luminarias en el borde del terraplén en las prolongaciones de las calles que desemboca en esta.

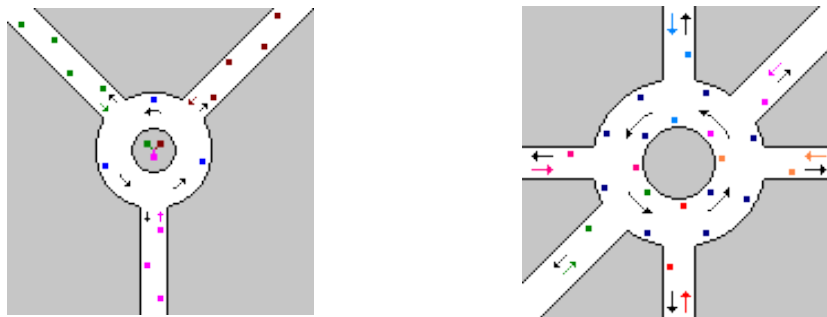


Ilustración 26

Cuando en un proyecto de instalación de Alumbrado Público en Calles y Avenidas de uso Público se separe de las normas indicadas en los puntos anteriores, es decir que no aplica por las características propias del proyecto ninguna de las normas aprobadas por la Empresa, se debe suministrar una simulación de la iluminación de las calzadas típicas proyectadas. Otras intersecciones más complejas e irregulares serán cuidadosamente estudiadas para asegurar una iluminación efectiva. En curvas, la localización más eficiente del poste con su luminaria es en la acera o encintado exterior de la curva. En sitios donde se combinan altas velocidades con curvas bastante agudas que pueden producir condiciones arriesgadas, es preferible la localización del poste con su luminaria en la parte interior de la curva.

Calculo para la Distancia Interpostal.

Para realizar este cálculo, se requiere primero determinar algunos parámetros que nos ayudaran a obtener la distancia optima que existirá entre cada poste, se debe tomar en consideración que todas las calles donde se instalarán las luminarias serán de manera con distribución unilateral. Es decir, se tomará como referencia un solo lado de la vía.

Para calcular la distancia interpostal es necesario aplicar la siguiente formula

$$S = \frac{\text{lúmenes de lampara} * C.U * F.M}{E * \text{distancia transversal del arolo}}$$

(Agency), 2017)Ecuación 5

S= Distancia interpostal

Lúmenes lampara= Son los lúmenes de la lámpara bajo estudio.

C.U.= Coeficiente de utilización.

F.M.= Factor de mantenimiento.

E= Nivel de iluminación deseado.

Distancia transversal del arolo= Es la distancia que existe entre la terminación de la acera y el comienzo de la acera opuesta.

El coeficiente de utilización lo obtenemos a través de datos que proporciona el fabricante los cuales debemos calcular el índice “K” que se basa en la geometría del lugar

y luego reconocer el coeficiente de reflexión en las paredes, techo y piso los cuales andan entre 0 y 1.

Para el índice K tomaremos como referencia:

$$k = \frac{\text{largo} * \text{ancho}}{\text{altura}(\text{largo} + \text{ancho})}$$

(Agency), 2017)Ecuación 6

Tipo de aparato de alumbrado	Índice del local k	Factor de utilización														
		Factor de reflexión del techo														
		0.8			0.7			0.5			0.3		0			
		Factor de reflexion de las paredes														
		0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1	0.3	0.1	0			
	0.6	.39	.35	.32	.38	.34	.32	.38	.34	.31	.33	.31	.30			
	0.8	.48	.43	.40	.47	.42	.40	.46	.42	.39	.41	.38	.37			
	1,00	.53	.49	.46	.52	.48	.45	.51	.47	.45	.46	.44	.41			
	1.25	.58	.54	.51	.57	.53	.50	.55	.51	.49	.50	.48	.45			
	1.5	.62	.58	.54	.61	.57	.54	.58	.55	.52	.53	.51	.48			
	2,00	.66	.62	.59	.64	.61	.58	.61	.59	.57	.56	.55	.52			
	2.5	.68	.65	.63	.67	.64	.62	.64	.61	.60	.59	.57	.54			
3,00	.70	.67	.65	.69	.66	.64	.65	.63	.61	.60	.59	.56				
$D_{max}=1.0H_m$	4,00	.72	.70	.68	.70	.69	.67	.67	.66	.64	.63	.61	.58			
1m	.70	.75	.80	5,00	.73	.71	.70	.71	.70	.68	.68	.67	.66	.64	.63	.59

H_m: altura luminaria-plano de trabajo

Tabla 14 Facto de utilización según tipo de aparato de alumbrado. Fuente, Greenice, año 2018.

ILUMINACION SEGÚN LA CLASIFICACION DE LA VIA.

Vías vehiculares:

Las vías se clasifican en cinco grupos, de acuerdo con la función de la vía, flujo de vehículos, complejidad de la misma, separación de carriles o sistemas de controles de señales de tránsito. Es necesario elegir la clasificación correcta tomando en cuenta todos los usuarios presentes en la vía.

Tomamos en cuenta cinco grandes grupos:

Clase de Iluminación	Descripción de la Vía	Velocidad de circulación (km/h)		Tránsito de vehículos T (Veh/h)	
M1	Autopistas y carreteras	Extra alta	$V > 80$	Muy importante	$T > 1000$
M2	Vías de acceso controlado y vías rápidas	Alta	$60 < V < 80$	Importante	$500 < T < 1000$
M3	Vías principales y ejes viales	Media	$30 < V < 60$	Media	$250 < T < 500$
M4	Vías primarias o colectoras	Reducida	$V < 30$	Reducida	$100 < T < 250$
M5	Vías secundarias	Muy reducida	Al paso	Muy reducida	$T < 100$

Tabla 15 Grupos de clase de iluminación. Fuente, Energía 2014.

Cuando se habla de la complejidad de la vía se refiere al tipo de infraestructura, flujo de vehículos y tráfico en general, tipos de vehículos (pesados, livianos, vehículos de carga, etc.), topología de la vía (número de carriles, separación de los mismos, dimensiones, etc.), inclinación de las vías, letreros y señales de información.

El control de tráfico es otro factor importante en tomar en cuenta a la hora de clasificar los tipos de vías tales como:

- Controles de velocidad
- Señales de Tránsito
- Presencia de semáforos
- Demarcaciones de la vía

Si tomamos en cuenta todos los aspectos antes mencionados podemos subclasificar según los requerimientos lumínicos.

Vías de tráfico peatonal y ciclistas.

Las zonas destinadas al tráfico de peatones y ciclistas deben contar con niveles de iluminación conformes dependiendo del requerimiento del lugar, estos radican básicamente en la distinción de elementos presentes en el paso. Estas zonas deben presentar mayor nivel de uniformidad en la iluminación en comparación con las calzadas debido al alto riesgo de actos vandálicos en algunos sectores.

Localización para luminaria.

Un factor importante a la hora de diseñar proyectos de alumbrado público son las Inter distancias entre postes y los tipos de luminarias que cumplan con los requerimientos para cada zona. Las distancias entre postes solo se deben disminuir cuando existan obstáculos insalvables como: sumideros de alcantarillas, rampas de acceso a garajes, interferencias con redes de servicios públicos existentes etc.

El manual que se propone debe contener los siguientes aspectos técnicos:

- ✓ Escoger la luminaria apropiada.
- ✓ Calibrar el reglaje de la luminaria para aumentar su dispersión.
- ✓ Aumentar la inclinación de la luminaria (pasando de 0° hasta 20°)
- ✓ Utilizar brazos con mayor longitud y por tanto de mayor avance
- ✓ Aumentar la longitud del brazo para el avance sobre la vía sea mayor

Para alcanzar unas distancias optimas y máximas es importante conocer el tipo de luminarias que se debe implementar y sus características fotométricas, por ello se debe conocer los tipos de distribuciones luminosas.

Luminarias según la IESNA (sociedad de ingenieros de iluminación de Norteamérica)

Según la forma de distribución luminosa de la luminaria, puede clasificarse en cinco tipos de vías, esta clasificación se realiza de acuerdo al alcance de la luminaria entre 0 a 180 grados, su avance o dispersión entre 90 a 270 grados, estas características están determinadas por datos de fabricación, es decir: posición de reglaje (posición del foco dentro de la luminaria), presencia o no de vidrio reflector, materiales de fabricación etc.; para lograr calificar una luminaria se deben realizar pruebas en laboratorio para tomar aspectos técnicos.

Con base a un informe fotométrico confiable en el que se pueda distinguir la clasificación de cada luminaria dependiendo las características de la misma y se puede definir si es o no es apta para instalarse en la zona a diseñar tomando en cuenta las necesidades del lugar.

Tomando en cuenta las clasificaciones que según el IES y CIE se aplican tanto como para iluminación exterior e interior y su diferencia radica en la forma de los grados de instalación, por lo general deberían estar desfasadas a 90 grados una con respecto a la otra, por esto las coordenadas de distribución luminosas pueden encontrarse referenciadas en diferentes ángulos.

Brazos de alumbrado público.

En cuanto a los brazos de alumbrado público, pueden ser de un doblez o de dos dobleces dependiendo la necesidad del proyecto, criterio de diseñador y de construcción, necesidad de la vía (a mayor longitud se requiere mayores niveles de uniformidad), la altura o nivel del suelo con respecto a la luminaria.

Brazos de un doblez: Por lo general son de 1.50 metros de longitud en el que la base del brazo tiene una longitud de 40 centímetros (este valor puede variar de acuerdo al fabricante), este tipo de fabricante puede lograr un ángulo que puede oscilar entre 0 y 20 grados con un grosor de 1" y 1 ½".

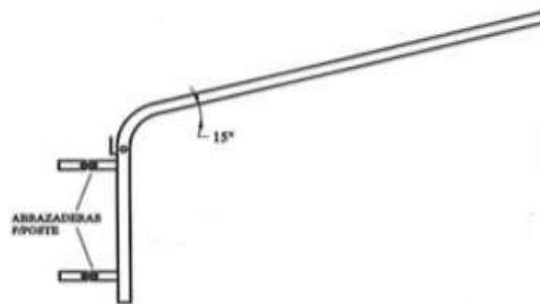


Ilustración 27, Representación de brazo de un doblez. Fuente, Norma de construcción de redes MT, ENEL-1998, año 2006

Brazos de dos dobleces: Por lo general pueden tener una longitud entre 1.50 a 4 metros y un grosor de 1 ½" a 3", tomando en cuenta siempre los 40 centímetros de sujeción al poste, en este tipo de brazo se pueden formar dos ángulos, el primero más próximo al poste entre 0 a 90 grados y el segundo es el ángulo de montaje entre 0 a 20 grados.

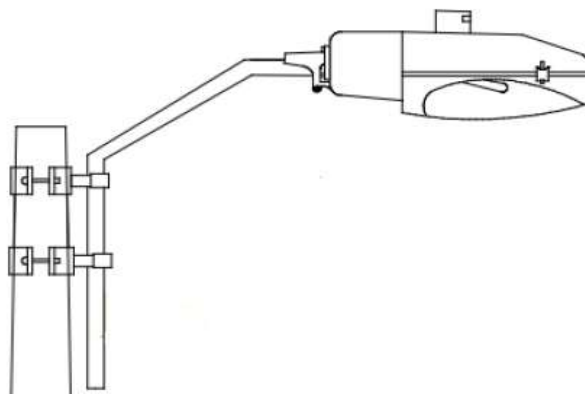


Ilustración 28, Representación de brazo de dos dobleces. Fuente, Norma de construcción de redes MT, ENEL-1998, año 2006

Para obtener el brazo ideal, se deben aplicar fórmulas matemáticas para definir la fuerza de anclaje de cada luminaria obteniéndola de la siguiente manera:

$$F = m * g \rightarrow g = 9.8 \text{ m/s}^2 \quad P = m * g \rightarrow g = 9.8 \text{ m/s}^2$$

(Freedman, 2014)Ecuación 7

Los elementos y accesorios necesarios para la construcción de luminarias de alumbrado público deben ser galvanizados en caliente puesto a que si es en frío presentan menos niveles de resistencia a la corrosión. Los errajes, posteadura, tornillos de sujeción, tornillos antirrobo (para evitar el robo o fraude de las luminarias). Según la IESNA no se especifica nada acerca de los brazos, pero se recomiendan que posean la misma característica que los accesorios. Las luminarias según características oscilan entre los 5 kg y los 15 kg, los que equivalen a una fuerza entre los 49 y 147 Newton respectivamente.

Iluminación exterior según normativas europeas.

Para la iluminación de vías públicas de cada país, tomando en cuenta los sectores a trabajar, es necesario analizar los componentes que rigen el alumbrado público nacional, se procede analizar los componentes y requerimientos lumínicos europeos, con la finalidad de establecer diferencias, similitudes. Para este trabajo monográfico tomaremos en cuenta la normativa europea de Julio del 2004 Comité Européen de Normalisation/ Technical Report (CEN/TR 13201-1) y la FN13201-2 de noviembre del año 2003, ambos manuales técnicos para la iluminación exterior en Europa.

Etapas generales para la selección de la clase de iluminación.

Estas normativas especifican las clases de iluminación y proporciona directrices sobre las aplicaciones en campo sobre el tema lumínico, para ello incluye los siguientes factores:

- Geometría del área considerada.
- El uso del área.
- La influencia del entorno circundante.
- Categoría de personas o vehículos en una zona de tránsito al aire público.
- Vehículos de motor con movimientos lentos.
- Personas ciclistas con velocidades no mayores a 50 km/h
- Personas a pie o en sillas de ruedas.
- Intersecciones
- Tráfico medio diario
- Tipo de clima
- Nivel de luminancia del entorno
- Complejidad del campo visual

Velocidad típica del usuario final	Usuario en área relevante			Iluminación de acuerdo a cada situación
	Usuario Principal	Usuario secundario	Usuario Excluido	
>60 km/h	Tráfico motorizado	Tráfico Rápido		A1
		Tráfico moderado	Ciclistas	A2
		Tráfico lento	Peatones	A3
>30 y ≤ 60	Vehículos de circulación lenta	Ciclistas y peatones		B1
	Motorizados	Peatones		B2
	Ciclistas	Peatones		
>5 y ≤30	Trafico motorizado		Ciclistas que se mueven lentamente	C1
	Ciclistas	Vehículos manejados por peatones		D1
	Vehículos de movimiento lento			D2
Velocidad al Caminar	Peatones		Vehículos de movimiento lento	E1
		Vehículos manejados por peatones		E2

Tabla 16 Características a considerar del tugar a iluminar. Fuente, Agency año 2017.

En una zona pública consta de más de una zona de tráfico, a menudo a lo largo de una ruta hay una calzada, con una acera o carril bici adyacente donde se deberán de aplicar todas las recomendaciones de iluminación según la tabla descriptiva.

Para los tipos de iluminación A1, A2, A3, se deberá considerar el área total a iluminar tomando en cuenta la longitud en metros de borde a borde, o en el ancho total de toda la vía pública, incluidos los carriles de emergencia, pasos peatonales o ciclovías adyacentes.

Para las situaciones de iluminación B1, B2, se deberá considerar el área total de la calzada entre bordillos, es decir únicamente se toma la longitud en metros entre los bordes de las aceras.

Al tomar en cuenta los niveles de iluminación C1, E1, E2, únicamente se tomará en cuenta el área total de la acera, sendero o bici carril definido, es decir si que en los caminos peatonales o carriles alejados de las calzadas se podrán incluir una franja de 2 metros a cada lado de lo antes señalado.

Para las áreas con iluminación D1 y D2, se deberán de tomar en cuenta el área total compartida hasta el punto perimetral de cada propiedad o inmueble delimitada por la fachada de cada construcción.

Selección de la clase de iluminación.

Para una correcta iluminación exterior se deben de tomar en cuenta las siguientes etapas o recomendaciones:

Control de deslumbramiento

Se debe considerar el control del deslumbramiento en cada situación es decir considerar la capacidad visual, así como las alteraciones subjetivas que puede presentar una persona con la presencia de elevadas luminancias o elevados contrastes en un campo visual no permitiendo el confort de cada individuo.

Si bien la susceptibilidad al deslumbramiento puede variar entre diferentes individuos (los efectos se acentuarán con la edad), se puede calcular de forma objetiva. En un ambiente muy iluminado, el ojo humano puede detectar diferencias en la luminancia hasta un cierto umbral. Si se compara este umbral con el del mismo entorno tras agregar una fuente de deslumbramiento, obtenemos el incremento del umbral.

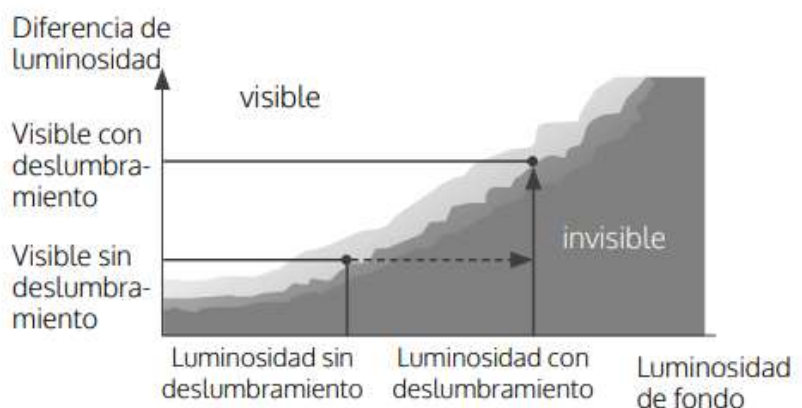


Ilustración 29, Representación del umbral de deslumbramiento.

Representación Cromática

Se debe de considerar la reproducción cromática de la fuente de luz en cada situación, ya que al momento de instalar una respectiva luminaria se debe de garantizar una buena sensación en los órganos de la visión de las personas, esto tomando en cuenta la longitud de onda y los colores que presentan cada dispositivo de iluminación.

Las fuentes de luz a menudo emiten una amplia gama de longitudes de onda, aunque, por lo general, se percibe un solo color. Este color aparente se conoce como la «temperatura de color» de la fuente de luz. La temperatura de color corresponde a un color de referencia de un lugar planckiano conceptual que se calienta a una temperatura específica (calculada en kelvin). El sol,

por ejemplo, tiene una temperatura de color de 5780 K cuando se observa al mediodía y se aproxima mucho a un radiador del lugar planckiano.



Ilustración 30

El color de luz utilizado para el alumbrado público suele oscilar entre el ámbar, el neutro y el blanco azulado, que corresponden a temperaturas de color entre 1900 y 5000 Kelvin. Se ha demostrado que en diferentes regiones europeas se tienen preferencias diferentes con respecto a los colores, tanto para la iluminación interior como para la exterior. Por ejemplo, a nivel municipal español, los técnicos municipales prefieren iluminar las zonas exteriores con luz cálida, ya que la fría se considera desapacible.

La iluminación LED, a diferencia de varias tecnologías de iluminación antiguas, permite ajustar o seleccionar la temperatura de color de forma flexible para diversas aplicaciones. Sin embargo, se debe considerar que la temperatura de color de la fuente de luz tiene un efecto sobre la eficiencia energética del sistema de iluminación y puede causar efectos fisiológicos para los seres humanos y los animales. La luz blanca fría con una temperatura de color alta facilita una mayor eficiencia energética del sistema de iluminación. Por otro lado, un elevado nivel de luz azul en las fuentes de luz blanca fría también puede causar efectos fisiológicos a tener en cuenta

Uso Nocturno

Al menos que se indique lo contrario, los parámetros solo son relevantes durante las horas de oscuridad, ya que estos pueden variar en los diferentes periodos de la noche y también en las diferentes estaciones del año, esto es fundamental al momento de tomar en cuenta el consumo de energía total de las luminarias al ser controladas por estos factores.

Se ha demostrado que la luz blanca favorece la percepción del ojo humano de manera más efectiva que la luz ámbar, pues se percibe una mayor intensidad. Por esa razón, se prefiere luz blanca (por ejemplo, de 4000 K) en carreteras complicadas con diferentes tipos de usuarios (automóviles, ciclistas, peatones, etc.). En contraposición, se suelen preferir temperaturas de color más bajo (luz blanca cálida) en las áreas domésticas.

Asistencia Visual

La contaminación lumínica es uno de los principales problemas en la actualidad, acarreando consecuencias negativas para la salud, las recomendaciones al momento de la elección de una luminaria deben ser específicas para no provocar alteraciones en el ambiente que se requiere iluminar.

Luminarias.

En nuestro país el inventario nacional de Alumbrado Público consta de luminarias de tipo presión de Mercurio, sin embargo, las investigaciones a nivel mundial se han determinado que su componente fundamental es excesivamente contaminantes e ineficientes, luego de eso se procedió a la instalación de luminarias de tipo sodio, provocando siempre una gran cantidad de consumo energético a nivel nacional.

En los últimos años se han logrado instalar una gran cantidad de luminarias de tipo LED, ya que se caracterizan por tener una vida útil extensa, bajo consumo de energía y mayor rendimiento debido a una mejor manipulación en el direccionamiento de la luz.

A continuación, se presenta una tabla comparativa entre los tres tipos de luminarias que se utilizan actualmente en alumbrado público.

CARACTERÍSTICAS	VAPOR DE MERCURIO	VAPOR DE SODIO DE ALTA PRESION	LED DE ALTA POTENCIA
Vida útil (horas)	25,000	12,000	≥50,000
Eficacia (lm/W)	60	100	110
Mantenimiento de lúmenes	Malo	Bueno	Bueno
Índice de rendimiento de color	46%	22%	70%-90%
Temperatura de color (K)	4,100	1,900-2,200	2,700-5,700
Calor a disipar	46%	37%	75%-85%
Encendido (min)	10	3 a 5	Instantáneo
Rendimiento (min)	3	1	Instantáneo

Tabla 17 Características y comparativa de las luminarias comúnmente utilizadas. Fuente, Agency año 2017.

Además de las características señaladas en las luminarias LED, es necesario citar que las propiedades que más resaltan para este tipo de luminarias son: alto índice de rendimiento de color, resistencia a los encendidos y apagados continuos, larga vida útil, arranque instantáneo, una mayor eficiencia energética, son amigables al medio ambiente pues no contienen plomo ni mercurio, así que no contaminan con ningún residuo tóxico.

Selección del tipo de luminaria

El presente manual técnico para el diseño de un sistema de Alumbrado Público es para definir los diversos criterios a implementar al momento de la instalación eléctrica de una red. Tomando en cuenta todos los aspectos mencionados en nuestra tesis monográfica.

Antes de un proyecto de alumbrado público se deben de tomar en cuenta 4 definiciones importantes:

- **Confiabilidad:** La instalación debe ser confiable en el servicio y no deberá presentar problemas de fallas debidas a su intemperización, es decir se deben asegurar de elegir materiales de calidad para obtener durabilidad en un determinado proyecto.
- **Independencia:** Un sistema de alumbrado público deberá estar conectado de forma independiente con una red exclusiva a la línea de distribución de Media Tensión.
- **A prueba de vandalismo:** Se deberá de considerar el vandalismo al que pueda ser sometido el sistema, robo de lámparas, accesorios que la integran y conexiones ilegales a la red exclusiva de Alumbrado Público.
- **Mantenimiento:** El mantenimiento deberá de ser constante y especializado, de tal manera que se permita de manera sencilla el cambio del equipo o los accesorios dañados, sin alterar el sistema, su funcionamiento y pensando en evitar las fallas a la falta de una luminaria, así mismo utilizar materiales y accesorios del mismo tipo para evitar variantes en el funcionamiento.

Características eléctricas de las luminarias.

- La alimentación eléctrica se hará con este multi conductor, sin que se pierda el grado de protección IP65 al colocarlo.

- La tensión de alimentación de las luminarias debe ser a 240 VAC, proveniente de un sistema 120/240 VAC, 60Hz, monofásico, y la luminaria debe ser entregada de fábrica con el siguiente esquema de conexión: La alimentación del control fotoeléctrico debe ser a 120 V, mientras que el neutro deberá estar conectado a tierra.

- El diagrama de conexión de la luminaria, así como la información propia de ésta, debe incluirse adherido dentro del conjunto eléctrico de la luminaria. La información propia de la luminaria será como mínimo: la tensión nominal (V), corriente de línea (A), número de catálogo, marca del fabricante, potencia de línea (W), tipo de distribución (I, II, III, IV, etc.), año de fabricación, factor de potencia.

- Para protección del equipo eléctrico contra sobretensiones, la luminaria debe contar con protección, tipo varistor (MOV) en cada línea (L1-N, L2-N), de 10 kV y 5 kA como mínimo, (el conductor de alimentación del varistor debe ser no menor a calibre 16 AWG), según se muestra en la figura anterior, y se debe aportar toda la información técnica de la protección ofrecida, de acuerdo a ANSI/IEEE C82.77-5:2017 o IEC/EN 61643-11, Categoría C media o equivalente, o certificación UL, para un voltaje de operación de 120/277V.

- Para protección del personal de mantenimiento, la carcasa y componentes eléctricos deben venir sólidamente conectados a tierra. Los componentes eléctricos (bornera, cable, entre otros) deben quedar sujetos de forma firme a la carcasa, de tal forma que, ante una apertura de la luminaria, no se encuentren componentes sueltos, ni se desprendan.

- Todos los contactos eléctricos, así como la tornillería utilizada en la luminaria, deben ser de material tratado contra la corrosión. No se aceptará galvanizado electrolítico.

Redes aéreas para alumbrado público.

Se deberá de tener en cuenta que los circuitos no deberán de contener demasiadas luminarias, para evitar fluctuaciones muy altas, posibles recalentamientos y posibles fallas.

Consideraciones generales:

- Factor de 1.25 para cargas continuas.
- No mayor a 20 A por circuito.
- No mayor a 20 luminarias por circuito.
- Alternar los circuitos dentro de las vías para evitar zonas oscuras cuando suceda una falla.

En la actualidad las luminarias de tipo LED, son las más utilizadas en sistema de alumbrado público por ende mostraremos la siguiente tabla para escoger el calibre de conductor a usar y el número máximo de luminarias por cada circuito.

TIPO	POTENCIA NOMINAL	POTENCIA REAL (Balastro incluido)	Corriente a 220V _{L-N} con un fp ≥ 0.85	Cobre		Aluminio	
				No. De luminarias para 35 A. (Cal 10)	No. De luminarias para 50 A (Cal 8)	No. De luminarias para 50 A (Cal 6)	No. De luminarias para 50 A (Cal 4)
LED	70W	0W	0.4 A	20	20	20	20
LED	100W	100W	0.5 A	20	20	20	20
LED	125W	25W	0.6 A	20	20	20	20

Tabla 18 Selección de conductor para luminarias LED.

Como se observan en todos los casos los conductores soportan perfectamente 20 luminarias cada uno por lo que se podría eliminar el de mayor calibre, 4 en Cobre y 2 en Aluminio para el uso de luminarias LED; es decir que el calibre 6 XHHW/RHW, sería el mínimo permisible para el uso de circuitos de alumbrado público.

Se deberán de evitar las conexiones Cobre/Aluminio, y en caso de necesitarse se usarán conectores bimetálicos a como se muestran en las siguientes imágenes.



Conector KSU bimetálico



Conector de presión de Cobre

Ilustración 31

La selección de conductores por caída de tensión es de mucha importancia ya que como se sabe, con este cálculo se puede determinar la tensión real de operación para los equipos a lo largo de la línea.

Sistemas de puesta a tierra

En la historia de los sistemas de puesta a tierra se ha demostrado que son afectados por los actos de vandalismo (robo). El conductor de puesta a tierra se ha venido incluyendo en los nuevos proyectos, dado que se parte de sistemas de neutros separados en donde se alimentan de sistemas trifásicos con 220 V_{LL} y se tiene aterrizado el neutro, derivando de éste un cable desnudo de tierra que acompaña a los dos cables de fase.

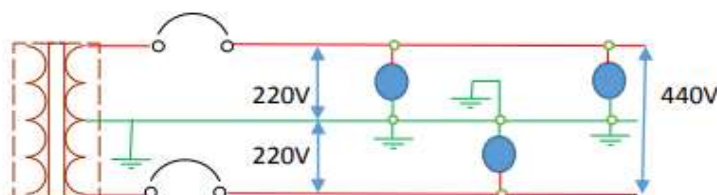


Ilustración 32, Diagrama de sistema de puesta a tierra. Fuente, Instructivo de Alumbrado Público, DN-DS, año 2009.

Una nueva alternativa de este manual sería la utilización de circuitos a 240V_{LN}, ocupando un neutro multi aterrizado o mejor dicho con una línea neutro en común conectándolos por medio de un electrodo en el punto de carga para evitar sobre tensiones, así mínimo se ahorraría la longitud de cable desde el punto inicial hasta el punto final del circuito.

El conductor que une cada soporte con el electrodo principal o con la red a tierra, será por medio de un cable unipolar aislado, con tensión asignada de 450/750 V, con recubrimiento color verde o amarillo, y con una sección mínima de 16 mm² de Cobre.

Todas las conexiones de los circuitos de tierra se realizarán mediante terminales, grapas, soldaduras o elementos apropiados que garanticen un buen contacto permanente y protegido ante la corrosión.

Instalaciones Aéreas.

Para los alambrados aéreos, se tienen que tomar en cuenta las alturas de montaje que deberán de ser superiores a los pasos de los automotores, es decir tomar en cuenta una altura mínima de 6.0 m.

Tomando como referencias normas internacionales de alumbrado público tal como la ITC-BT-06, dice que las líneas eléctricas aéreas deberán de cumplir con las siguientes instrucciones:

- **Cruzamientos:** Los conductores eléctricos deberán de tener una carga de ruptura no inferior a 410 daN, a una altura mínima de 6.0m en condiciones desfavorables, sin presentar ningún tipo de empalme.

- **Calles y Carreteras:** Las líneas aéreas con conductores desnudos podrán establecerse próximas a estas vías públicas, manteniendo una altura mínima de 6 m.
- **Con zonas de arbolado:** Se utilizarán siempre cables aislados, y en casos remotos donde se utilicen alambres desnudos se deberán de tener en cuenta las medidas necesarias para que sus ramas no lleguen hacer contacto con dichas líneas.
- **Espaciamiento:** Se deberá de tener en cuenta una distancia no mayor de 50m entre poste y poste en trayectos rectos o lineales.

Se debe hacer la instalación de puesta a tierra en el poste, según se requiera, para evitar contactos cobre-aluminio. Un cable de aluminio no puede llegar directamente al electrodo de puesta a tierra.

Se debe considerar a este factor como importante durante la elaboración de este manual evitar que los dispositivos, equipos, conductores y canalizaciones queden expuestos al vandalismo, ya sea a través de su forma de instalarse o de medios de protección adicionales a la instalación misma.

Fuentes de alimentación

Se debe considerar el uso de tensiones que sean adecuadas para el funcionamiento del equipo, que no exista variaciones que el equipo no pueda soportar, para lo cual se debe recurrir al luminario a instalar. Por tanto, la tensión de regulación o caída de tensión no deberá rebasar lo solicitado.

Los conductores serán de cobre, con una sección mínima de **2.5 mm²**, y de tensión asignada de **0.6/1kV**, como mínimo, sin existir empalmes en su interior de los soportes.

La conexión de los terminales, estarán hecha de forma que no se ejerza presión sobre los conductores ni exista ningún tipo de tracción. Para las conexiones de los conductores de la red con soportes, se utilizarán elementos de derivación que contendrán bornes apropiados, en número y tipo, así como los elementos de protección necesarios en el punto de luz.

Protecciones

En cuanto a las protecciones se deberán utilizar protecciones termomagnéticas. Los relevadores de sobrecarga no se recomiendan, a menos que cuenten con una protección de corrientes de corto circuito general. Las protecciones no deberán de estar por encima de la capacidad del conductor alimentador.

Es recomendable usar protecciones o desconectores en cada luminario, después de su derivación de la línea principal, con el fin de proteger el circuito general y aislar el luminario en caso de falla o de mantenimiento.

CALCULO DE ALUMBRADO PUBLICO PARA INGENIERIA

Cálculo del nivel de iluminación

Método punto por punto.

El cálculo del nivel de iluminación se realiza por el método “PUNTO POR PUNTO”, el cual consiste en tomar como referencia uno o más puntos y calcular el nivel de iluminación para ese punto considerando las contribuciones de los luminarios colocados en ambos extremos del luminario a analizar.

¿Qué se necesita conocer para aplicar este método?

- Características fotométricas de las lámparas.
- Luminarias empleadas.
- Dispositivos de las luminarias.
- Altura de las luminarias sobre el plano de trabajo.

Si queremos conocer los valores de iluminancia en puntos concretos debemos aplicar las siguientes expresiones:

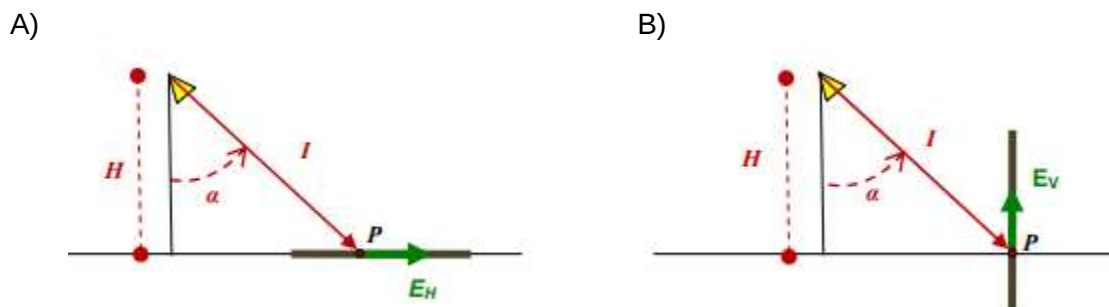


Ilustración 33. Referencia para el plano horizontal (A) y para plano vertical (B).

$$E_H = \frac{I \cdot \cos^3 \alpha}{H^2}$$

$$E_V = \frac{I \cdot \cos^2 \alpha \cdot \operatorname{sen} \alpha}{H^2}$$

Ecuación 8 (WHESTIGHOUSE, 1992)

Donde:

E_H es el nivel de iluminación en un punto de una superficie horizontal (en LUX).

E_V es el nivel de iluminación en un punto de una superficie vertical (en LUX).

I es la intensidad de flujo luminoso según la dirección del punto a la fuente. Generalmente lo proporciona el fabricante de las luminarias (en candelas).

α es el Angulo formado por el rayo luminoso y la vertical que pasa por la luminaria.

H es la altura del plano de trabajo a la lámpara (en m).

Se debe tomar a consideración, que se puede utilizar con fuentes de luz puntuales como las lámparas incandescentes que no sean tubos fluorescentes.

Ejemplo:

Se tiene un poste de concreto de 7 metros de altura en una superficie plana, es decir una pista o calle de 10 metros de ancho en lo cual debemos comprobar el nivel óptimo de iluminación sobre la pista.

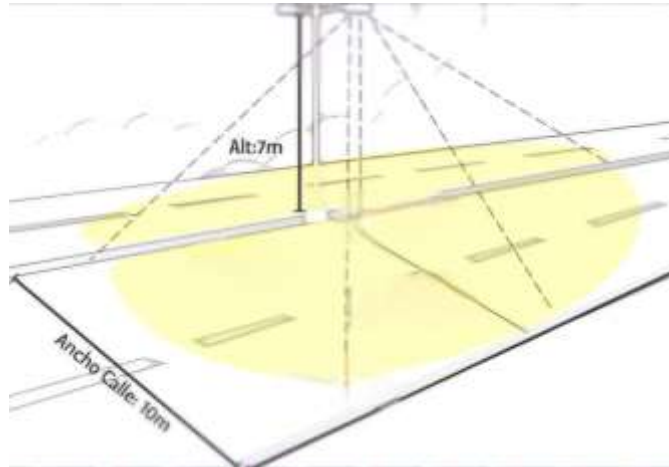


Ilustración 34 Ejemplificación para el despeje del cálculo punto por punto.

Primero debemos determinar el ángulo α (formado por el rayo luminoso y la vertical que pasa por la luminaria).

$$\tan^{-1} \alpha = \frac{d}{H} = \frac{10 \text{ m}}{7 \text{ m}} = 55.00^\circ$$

Posteriormente, seleccionamos la I (intensidad de flujo luminoso según la dirección del punto a la fuente). El cual se obtiene una vez seleccionada la fuente, en este caso una luminaria de 13,600 lumen (valor que obtenemos de los datos del fabricante). *Ver. Fig.1 Anexo.*

$$\Phi = 13,600 \text{ lm}$$

Una vez que conocemos el ángulo de la curvatura y el valor de intensidad para nuestro ejemplo. Sustituimos valores en la ecuación del método punto por punto, en nuestro caso específico aplicaremos la ecuación para un plano horizontal:

$$E_H = \frac{I * \cos^3 \alpha}{H^2} = \frac{13,600 \text{ lum} * \cos^3 55.00}{7^2}$$

$$E_H = \frac{13,600 \text{ lum} * 0.188}{49} = \frac{2,556.8}{49} = 52.17 \text{ Lux}$$

Con el procedimiento planteado hemos obtenido el valor de Luxes que estarán siendo empleados en nuestro plano de trabajo.

Metodología para el cálculo de iluminación.

El nivel de iluminación deseado es aquel valor el cual pretendemos iluminar esto de acuerdo a la siguiente tabla:

Velocidad típica del usuario final	Usuario en área relevante			Iluminación de acuerdo a cada situación
	Usuario Principal	Usuario secundario	Usuario Excluido	
>60 km/h	Tráfico motorizado	Tráfico Rápido		A1
		Tráfico moderado	Ciclistas	A2
		Tráfico lento	Peatones	A3
>30 y ≤ 60	Vehículos de circulación lenta	Ciclistas y peatones		B1
	Motorizados	Peatones		B2
	Ciclistas	Peatones		
>5 y ≤30	Trafico motorizado		Ciclistas que se mueven lentamente	C1
	Ciclistas	Vehículos manejados por peatones		D1
	Vehículos de movimiento lento			D2
Velocidad al Caminar	Peatones		Vehículos de movimiento lento	E1
		Vehículos manejados por peatones		E2

Tabla 19

(GREENICE, 2018)

En una zona pública consta de más de una zona de tráfico, a menudo a lo largo de una ruta hay una calzada, con una acera o carril bici adyacente donde se deberán de aplicar todas las recomendaciones de iluminación según la tabla descriptiva.

Para los tipos de iluminación A1, A2, A3, se deberá considerar el área total a iluminar tomando en cuenta la longitud en metros de borde a borde, o en el ancho total de toda la vía pública, incluidos los carriles de emergencia, pasos peatonales o ciclovías adyacentes.

Para las situaciones de iluminación B1, B2, se deberá considerar el área total de la calzada entre bordillos, es decir únicamente se toma la longitud en metros entre los bordes de las aceras.

Al tomar en cuenta los niveles de iluminación C1, E1, E2, únicamente se tomará en cuenta el área total de la acera, sendero o bici carril definido, es decir sí que en los caminos peatonales o carriles alejados de las calzadas se podrán incluir una franja de 2 metros a cada lado de lo antes señalado.

Para las áreas con iluminación D1 y D2, se deberán de tomar en cuenta el área total compartida hasta el punto perimetral de cada propiedad o inmueble delimitada por la fachada de cada construcción.

Clasificación de vialidades	Luminancia promedio mínima	Uniformidad de Luminancia		Relación de luminancia deslumbramiento
	L_{prom} (cd/m ²)	$L_{prom}-L_{min}$	$L_{max}-L_{min}$	L_d-L_{prom}
A1	1.0	3.5 - 1	5 - 1	0.3 - 1
A2				
A3				
B1	0.8	3 - 1	5 - 1	0.3 - 1
B2				
C1	0.6	6 - 1	10 - 1	0.4 - 1
D1				
D2				
E1	0.3	6 - 1	10 - 1	0.4 - 1
E2				

Tabla 20 (GREENICE, 2018)

Cd= Intensidad luminosa

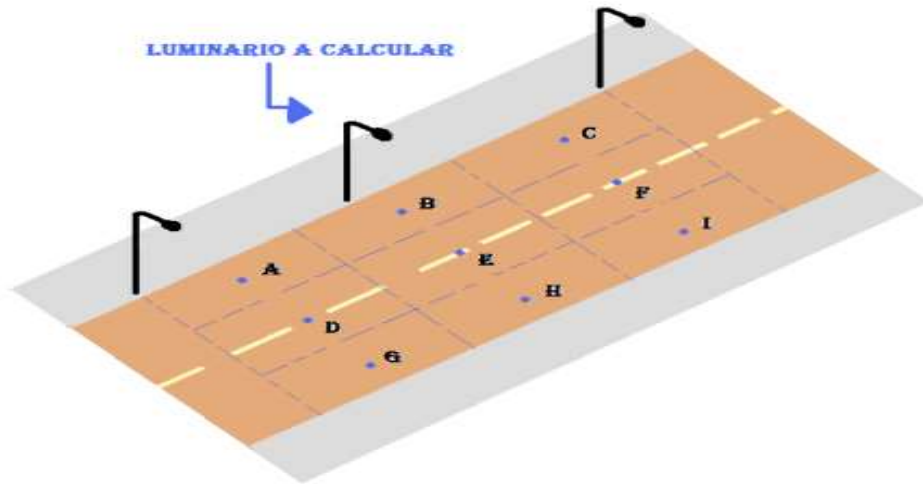
Lprom= Luminancia promedio

Lmin= Luminancia mínima

Lmax= Luminancia máxima

Ld= Luminancia deslumbramiento

Para obtener la distribución es necesario dividir entre tres la distancia longitudinal del área a calcular y de sus dos luminarias adyacentes, para obtener la distribución en metros. Dividir entre tres la distancia transversal (ancho del arrollo), para obtener la distribución en metros. De las dos relaciones anteriores se obtiene una malla, donde los puntos de iluminación a calcular se encuentran al centro de cada uno de los cuadros que forman la malla, como referencia se muestra en la siguiente figura.



A) Teniendo delimitados los nueve puntos calculamos la contribución del nivel de iluminación del luminario a calcular y de sus dos luminarios adyacentes, para cada punto etiquetado como lo muestra la Figura. El cálculo del nivel de iluminación para cada punto, se obtiene por la suma de la contribución de iluminación por luminario hacia el punto de análisis. La contribución de iluminación hacia un punto se obtiene por medio de las siguientes relaciones:

$$X = \frac{\text{Distancia transversal (m)}}{\text{Altura de montaje (m)}} = \frac{d}{h}$$

(Energía, 2014)Ecuación 9

Donde:

- **Distancia transversal= d=** Distancia del luminario hacia el punto de análisis.
- **Altura de montaje=h=** Altura de la luminaria instalada en el poste.

- B) Obteniendo las dos relaciones se tiene que consultar la curva de iluminación de cada fabricante, dependiendo la marca a utilizar y en estos casos se usa a una altura de prueba de 10 metros de la luminaria al nivel del suelo, en donde podemos observar que la relación 1 está en el eje de las X y la relación 2 se encuentra en el eje de las Y, fungiendo las relaciones 1 y 2 como coordenadas y trasladándolas a la curva de iluminación podemos obtener la contribución de iluminación en LUX que son los valores que se encuentran a mediación de la gráfica.

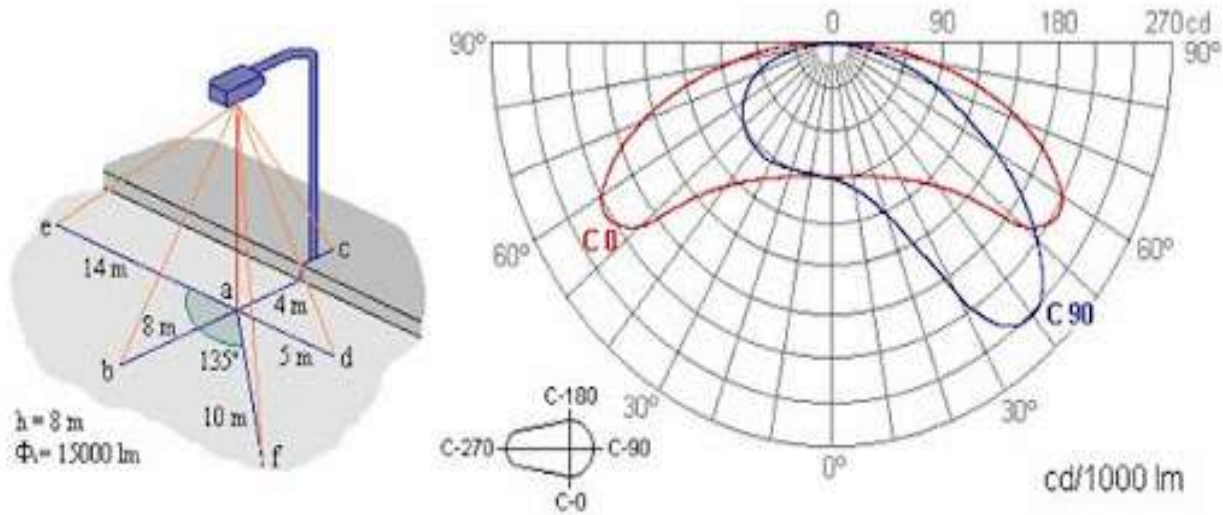


Ilustración 35, Curva de iluminación y distribución de iluminación en LUX..

- C) Teniendo así las tres contribuciones de iluminación se obtiene el nivel total de iluminación con la siguiente formula:

$$\begin{aligned} \text{Nivel total de iluminación en LUX} \\ &= \text{Contribución de luminario bajo analisis (LUX)} \\ &+ \text{Contribución luminario adyacente izquierdo (LUX)} \\ &+ \text{Contribución luminario adyacente derecho (LUX)} \end{aligned}$$

(Agency), 2017)Ecuación 10

- D) Es necesario aplicar el factor de corrección por diferencia de alturas ya que se cuenta con alturas de montaje reales diferentes a la de la prueba. El factor de corrección se obtiene por medio de la siguiente formula:

$$\text{factor de corrección} = \left(\frac{\text{altura de prueba}}{\text{altura real}} \right)^2$$

(Agency), 2017)Ecuación 11

- E) Para obtener el nivel de iluminación total inicial en el punto de estudio; multiplicamos el nivel total de iluminación por el factor de corrección como se muestra en la siguiente formula:

$$\text{Nivel de iluminación total inicial (LUX)} = \text{nivel de iluminación} * \text{factor de corrección}$$

- F) Para obtener el nivel de iluminación promedio mantenido en el punto de estudio multiplicamos el nivel de iluminación total inicial por el factor de mantenimiento como se muestra a continuación.

$$\text{Nivel de iluminación promedio mantenido} = \frac{\text{Nivel de iluminación total inicial}}{\text{Factor de mantenimiento}}$$

El factor de mantenimiento se obtiene por la formula siguiente:

$$FM = L.L.D * L.D.D$$

(Agency), 2017)Ecuación 12

L.L.D = Factor de depreciación de la lámpara. (Ver Tabla II – 1)

L.D.D = Factor de depreciación por suciedad del medio ambiente. (Ver Grafica II- 1)

El factor de depreciación por suciedad se tomará a dos años ya que es aproximadamente el tiempo de vida útil de la lámpara de aditivos metálicos.

WATTS	ACABADO	Factor de depreciación (L.L.D)
175	Claro	0.80
175	Fosforado	0.80
250	Claro	0.77
250	Fosforado	0.77
400	Claro	0.69
400	fosforado	0.69

Tabla 21 Selección de conductor para luminarias LED.

Estado de lámpara	Tiempo de exposición en años	Factor de depreciación por suciedad acumulada
Muy limpio	1	1.0
Limpio	2	0.90
Moderado	3	0.80
Sucio	4	0.70
Muy sucio	5 a más	0.60

Tabla 22 .Factor de depreciación por suciedad acumulada (L.D.D) en luminarias.

Muy limpio: Que no existan generadoras de polvo o humo en las cercanías, bajo nivel de contaminación ambiental, tráfico moderado, zonas residenciales o rurales que no sobrepasen de 150 microgramo de partículas, por metro cubico.

Limpio: Que no existan generadoras de polvo o humo en las cercanías, bajo nivel de contaminación ambiental, tráfico moderado a pesado, zonas residenciales o comerciales que no sobrepasen de 300 microgramo de partículas, por metro cubico.

Moderado: Moderada actividad de polvos y humos en zonas residenciales, comerciales y semiindustriales que no generen más de 600 microgramos de partículas por metro cúbico.

Sucio: Zonas generadoras de humo y polvos en actividades relacionadas con industria y construcción con un valor de 1 kilogramo de partículas por metro cúbico.

Muy Sucio: Zonas extremadamente sucias con generación de polvo y humo, con valore de hasta 5 kilogramo de partículas por metro cúbico

Nivel de iluminación promedio mantenido

$$= \frac{\text{Nivel de iluminación total inicial}}{\text{Factor de mantenimiento}} = \frac{\text{nivel de iluminación} * \text{factor de corrección}}{\text{Factor de mantenimiento}}$$

(Agency), 2017)Ecuación 13

Clasificación de vías según el pavimento o rodadura.

El cálculo de la luminosidad del pavimento requiere información acerca de las características de reflectancia del mismo. Para los fines de esta norma, las características de reflectancia del pavimento seguirán la descripción de las clases de pavimentos utilizados. A nivel nacional, la clasificación de las vías de uso público según el pavimento o rodadura, se determinará como sigue:

CLASE	Qo	DESCRIPCION	TIPO DE REFLECTANCIA
R1	0.10	Superficie de concreto, cemento portland, superficie de asfalto difuso con un mínimo de 15% de agregados brillantes artificiales.	Casi difuso
R2	0.07	Superficie de asfalto con agregado compuesto de un mínimo de 60% de grava de tamaño mayor que 10mm. Superficie de asfalto con 10 a 15% de abrillantador artificial en la mezcla agregada.	Difuso especular
R3	0.07	Superficie de asfalto regular y con recubrimiento sellado, con agregados oscuros tal como roca o roca volcánica, textura rugosa después de algunos meses de uso (típico de autopista).	Ligeramente especular
R4	0.08	Superficie de asfalto con textura muy tersa.	Muy especular

Tabla 23, Clasificación de las vías según su uso.

Selección de los conductores.

Se hace selección de conductor de manera estándar, comúnmente se selecciona conductor dúplex de aluminio No.6 ASCR para la alimentación principal de las luminarias a instalar. Dichas luminarias a instalar deberán estar distribuidas en grupos por diferentes tramos acorde a la ubicación más cercana al transformador que las alimentará.

- **Cálculo de caída de tensión en los circuitos derivados del panel eléctrico.**

$$E = \frac{2 * P * L}{(\lambda * S * V)}$$

(Agency), 2017)Ecuación 14

Siendo:

E= Caída de tensión den voltaje (no mayor que el 3%).

λ = Constante de resistividad del material (CU 57, AL 36).

L= Longitud que recorre el conductor en metros.

P= Potencia eléctrica detallada en los paneles eléctricos.

V= Voltaje del sistema, suministrado por la distribuidora (120/240v).

S= Sección transversal el conductor (mm^2).

$$\% = V * 100 / Vn$$

(Agency), 2017)Ecuación 15

Siendo:

V= Caída de voltaje.

Vn= Voltaje nominal.

Se debe realizar el cálculo de caída de tensión por tramo correspondiente a cada trasformador.

Ejemplo:

Se tiene un tramo "X": con un total de 197 metros, que constara de 5 luminarias LED de 80W cada una, obteniendo una potencia total a instalar de 400W (5 Luminarias x 80 Watts), para realizar nuestro cálculo de caída de tensión seleccionaremos la constante de AL 36 debido al tipo de conductor seleccionado.

El valor de voltaje con el que haremos el cálculo es suministrado por empresa distribuidora de energía en este caso será de 240V. Procedemos a extraer el valor de la sección transversal del calibre del conductor con el que se trabajará de acuerdo con tabla normada por el NEC (ver figura No.29), en este caso $13.33mm^2$.





Tabla 24, imagen de tramo "X"

Aplicación:

$$E = \frac{2 * 400W * 197 m}{(36 * 13.33mm^2 * 240V)} = 0.73$$

Conductor del electrodo de tierra de instalaciones de c.a.

Tamaño nominal del mayor conductor de entrada a la acometida o sección equivalente de conductores en paralelo mm ² (AWG o kcmil)		Tamaño nominal del conductor al electrodo de tierra mm ² (AWG o kcmil)	
Cobre	Aluminio	Cobre	Aluminio
33,62 (2) o menor	53,48 (1/0) o menor	8,367 (8)	13,3 (6)
42,41 o 53,48 (1 o 1/0)	67,43 o 85,01 (2/0 o 3/0)	13,3 (6)	21,15 (4)
67,43 o 85,01 (2/0 o 3/0)	4/0 o 250 kcmil	21,15 (4)	33,62 (2)
Más de 85,01 a 177,3 (3/0 a 350)	Más de 126,7 a 253,4 (250 a 500)	33,62 (2)	53,48 (1/0)
Más de 177,3 a 304,0 (350 a 600)	Más de 253,4 a 456,04 (500 a 900)	53,48 (1/0)	85,01 (3/0)
Más de 304 a 557,38 (600 a 1100)	Más de 456,04 a 886,74 (900 a 1750)	67,43 (2/0)	107,2 (4/0)
Más de 557,38 (1100)	Más de 886,74 (1750)	85,01 (3/0)	126,7 (250)

Tabla 25, Tabla 250-95, NEC.

Una vez que obtenemos el valor de la caída de tensión para el tramo 1, calculamos el porcentaje de la siguiente forma:

$$\% = 0.73 * \frac{100}{240V} = 0.34$$

(Agency), 2017) Ecuación 16

Puesta a tierra.

Para proteger nuestro sistema de alumbrado público necesitamos una puesta a tierra, la elección de los calibres de conductores del electrodo a puesta a tierra debe realizarse en dependencia del tipo de conductor de alimentación de las luminarias, y estos se selecciona de forma estándar con la tabla de calibres del NEC (National Electrical Code). En nuestro caso específico se utiliza un conductor del electrodo de puesta a tierra de calibre No. 8 de cobre ya que los conductores de alimentación de las luminarias son conductores No.6 ASCR. Se usará la varilla de cobre estándar de 5/8" x 8'.



Varilla de puesta a tierra 5/8" x 8'.

Ilustración 36

CONCLUSIONES

La elaboración de este manual técnico para la mejora en el diseño y construcción de un sistema de alumbrado público es un paso fundamental hacia la modernización y eficiencia de nuestra infraestructura urbana. Este documento no solo es una recopilación de las normativas utilizadas al momento de la construcción y diseño de una red eléctrica, sino que establece los estándares necesarios para garantizar una iluminación de calidad, sino que también promueve el uso de tecnologías avanzadas y prácticas sostenibles al seguir las recomendaciones contenidas en este manual, se espera lograr una iluminación más eficiente, segura y sostenible en todo el país.

Tras la realización del proceso investigativo y recopilación de información para el desarrollado de este documento, llegamos a determinar que las instituciones de nuestro país, carecen de las herramientas tanto normativas como de seguimiento técnico al momento de diseñar, construir e instalar un sistema de Alumbrado Público, dando como resultado una mala gestión de los recursos, ya que se usan materiales de baja calidad, lámparas de bajo rendimiento y existe bajo nivel de iluminación en vías o calles principales, debido a que en muchos casos ni elaboran los diseños adecuadamente con las herramientas informáticas existentes, provocando inconformidad en los ciudadanos.

Se logró comprobar que factores como: ubicación de postes, utilización de luminarias de diversas tecnologías, uso de los diversos accesorios para la instalación y funcionamiento del Alumbrado Público, uso de software especializado e implementación de normativas vigentes a los requerimientos actuales de esta aplicación, dentro del territorio nacional, no cumplen con las especificaciones mínimas para el óptimo desempeño y confort visual de los usuarios de las vías.

Se logró plantear una guía con el paso a paso a seguir en este manual técnico, para que todas aquellas instituciones, consultores, empresas estatales o privadas que requieran diseñar un sistema de Alumbrado Público de calidad, lo puedan hacer siguiendo los pasos aquí planteado, usando las nuevas tecnologías para optimizar el uso, tener mejor eficiencia en el consumo energético, mayor durabilidad, calidez visual y todos aquellos factores que son necesarios para vivir en una sociedad mejor.

RECOMENDACIONES.

- La correcta instalación de un sistema de iluminación es un requisito básico para un funcionamiento seguro y eficiente del sistema tomando en cuenta los criterios de adquisición que deben incluir requisitos de instalación, información y documentación para el mantenimiento.
- Implementar nuevas tecnologías tales como luminarias LED debido a su alta eficiencia energética y larga vida útil, priorizando modelos con temperatura de color adecuada (3000K-4000K) para minimizar la contaminación lumínica.
- Asegurar el cumplimiento de normativas nacionales e internacionales de alumbrado público, considerando regulaciones ambientales y de eficiencia energética en el diseño y la instalación.
- Realizar estudios fotométricos para garantizar una distribución uniforme de la luz implementando niveles de iluminación adecuados según el tipo de vía (residencial, rural, etc.)
- Incluir sistemas de control inteligente como sensores de movimiento y atenuación automática fomentando el uso de fuentes de energía renovable, como paneles solares en luminarias autónomas.
- Seleccionar materiales resistentes a la corrosión y condiciones climáticas adversas.
- Establecer un plan de mantenimiento periódico para fallas y optimizar el rendimiento y reducción de la contaminación Lumínica.
- Utilizar luminarias con ópticas que minimicen la dispersión de luz hacia el cielo y áreas no deseadas.

- Evitar sobre iluminación y orientar adecuadamente los puntos de luz para reducir deslumbramiento.
- Garantizar un equilibrio entre intensidad lumínica y confort visual para peatones y conductores.

ANEXOS



LUMINARIA DE LEDS PARA ALUMBRADO DE VIALIDADES

LUMINARIA DE FORMA RECTANGULAR

LAP-80-3000K-13600-X NOTA: X significa que puede ser con y sin fotocelda

CARACTERÍSTICAS

- Leds de última generación de alta eficiencia.
- Carcasa fabricada en aluminio aleación 356 resistente al impacto.
- Brazo para poste de 2" 1/2, abatible desde 0° a 90°.
- Socket de 7 pines para predisposición a telemetría o socket de 3 pines estándar.
- Fotocelda estándar de 3 pines (On/Off).
- Protección contra sobretensiones y sobrecorrientes de 10kV-10kA.
- Pintura electrostática.
- Incluye driver dimeable de 0 V~ a 10 V~.
- Vida útil nominal de 100 000 h

CERTIFICACIONES:

- NOM-003-SCFI-2014
- NOM-031-ENER-2019
- FIDE
- PAESE

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Marca	IUSA
Código con fotocelda	-
Código sin fotocelda	-
Modelo	LAP-80-3000K-13600-X
Tensión (V~)	120 - 277
Corriente (A)	0,67- 0,29
Potencia (W)	80
Potencia máxima (W)	82
Factor de potencia	0,97
Frecuencia (Hz)	50 / 60
Lúmenes (lm)	13 600
Eficacia luminosa del sistema (lm/W)	170
Distorsión armónica en corriente	≤ 15%
Temperatura de color (K)	3 000
Temperatura ambiente de operación (°C)	-10 a 50
Grado de hermeticidad	IP65
Grado de protección contra impacto	IK10
Clasificación IES	Asimétrico tipo III media
Índice de rendimiento de color (CRI)	70
Máximo pico de corriente (kA)	10
Máximo pico de voltaje (kV)	10
Peso total de luminaria (kg) con fotocelda	5.18
Peso total de luminaria (kg) sin fotocelda	5.00

FICHA TÉCNICA

Centro de atención a nivel nacional: 800 900 4872 / ayst@iusa.com.mx / www.iusa.com.mx

Distribuido y comercializado por INDUSTRIAS UNIDAS S.A. DE C.V. Carretera Panamericana México Querétaro kilómetro 109, s/n, Pásteje, Jicotitlán, Estado de México, C.P. 50734



DIAGRAMA DE INTENSIDAD POLAR

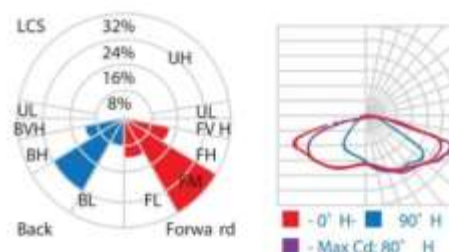
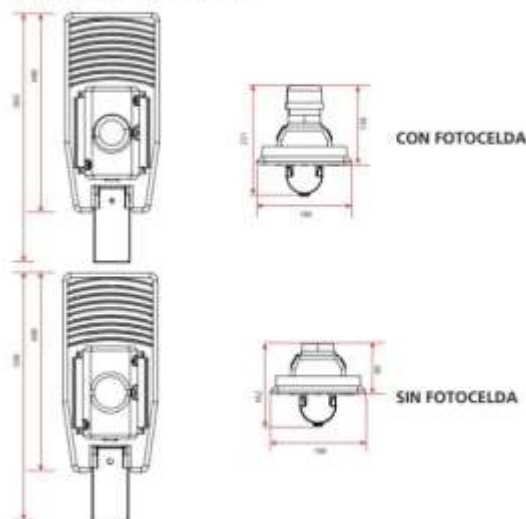


DIAGRAMA TÉCNICO



Datos placa de las luminarias utilizadas. Fig.1

Sección transversal de calibres:	
16 AWG	1.31 mm ²
14 AWG	2.08 mm ²
12 AWG	3.31 mm ²
10 AWG	5.26 mm ²
8 AWG	8.37 mm ²
6 AWG	13.30 mm ²
4 AWG	21.20 mm ²
2 AWG	33.60 mm ²
1/0 AWG	53.49 mm ²
2/0 AWG	67.43 mm ²
3/0 AWG	85.01 mm ²
4/0 AWG	107.20 mm ²

Tabla de sección transversal de calibres de conductores, NEC.

Calibre del mayor conductor no puesto a tierra de entrada de la acometida, o área equivalente para conductores en paralelo ^a (AWG/kcmil)		Calibre del conductor del electrodo de puesta a tierra (AWG/kcmil)	
Cobre	Aluminio o aluminio recubierto de cobre ^b	Cobre	Aluminio o aluminio recubierto de cobre ^b
2 o menor	1/0 o menor	8	6
1 ó 1/0	2/0 ó 3/0	6	4
2/0 ó 3/0	4/0 ó 250	4	2
Más de 3/0 hasta 350	Más de 250 hasta 500	2	1/0
Más de 350 hasta 600	Más de 500 hasta 900	1/0	3/0
Más de 600 hasta 1,100	Más de 900 hasta 1,750	2/0	4/0
Más de 1,100	Más de 1,750	3/0	250

Notas:

1. Cuando se usan conjuntos múltiples de conductores para la entrada de la acometida como se permite en la sección 230.40, Excepción No. 2, el calibre equivalente del conductor más grande de entrada de la acometida se debe determinar por la mayor suma de las áreas de los conductores correspondientes de cada conjunto.

2. Cuando no hay conductores de entrada de la acometida, el calibre del conductor del electrodo de puesta a tierra se debe determinar por el calibre equivalente del mayor conductor de entrada de la acometida exigido para la carga que se va a alimentar.

a Esta Tabla también se aplica a los conductores derivados de sistemas de c.a. derivados separadamente.

b Véanse las restricciones de la instalación, en la Sección 250.64(A).

Tabla 26 Tabla de sección de puesta a tierra. Fuente, NEC (National Electrical Code).

Bibliografía

- Lopes, T. (Julio de 2017). *Subestaciones digitales: Cambiando el concepto de automatización. Elctro Industria. Recuperado el 2021, de <http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=3040&srch=subestaciones%20digitales&act=4&tip=7&xit=>*
- Valdés, R. (Diciembre de 2017). *Subestaciones digitales: La mejor alternativa para la red eléctrica. Electro Industria. Obtenido de <http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=3148&srch=subestaciones%20digitales&act=4&tip=7&xit=>*
- Agency), O. E. (2017). *Iluminación Led exterior. Viena: Mariahilfer Strabe 136.*
- ENEL98. (2006). *Norma de Construcción para estructuras de redes de Distribución electrica. Managua: Asamblea de la república de Nicaragua.*
- Energía, C. N. (2014). *Manual de Alumbrado Público. México: Colegio de Ingenieros Mecánicos y Electricistas.*
- Freedman, Y. y. (2014). *Fisica Universitaria 2. España: Pearson Education.*
- GREENICE. (2018). *Iluminación LED. Como iluminar zona tu de confort, 2.*
- MEM. (10 de Enero de 2024). *Organigrama Sector Electrico. Sector Energetico de Nicaragua, pág. 2.*
- Sanny, J. (2014). *Fisica Universitaria Volumen 2. Madrid: Pearson Education.*
- Aplicaciones eficientes de lámparas. (1996).Comité Español de Iluminación (CEI), Instituto para la ahorro de la Energía (IDAE).*
- Cuadernos de eficiencia energética en iluminación, no 1. Aplicaciones eficientes de luminarias. (1996).Comité Español de Iluminación (CEI) , Instituto para la diversificación Ahorro de la Energía (IDAE) Cuadernos de eficiencia energética en iluminación.*
- Chapa Carreón, J. (1990). *Manual de instalaciones de alumbrado Editorial Limusa. Y fotometría.*
- Enríquez Harper, G (1987). *El ABC del alumbrado y las instalaciones eléctricas de baja tensión. Editorial Limusa. Manual de alumbrado PHILIPS. (1984). Editorial Paraninfo. Manual de alumbrado WESTINGHOUSE. (1979). Editorial Dossat. Pritchard, D.C. (1996). Lighting. Longman Group Limited. Fifth edition*
- WHESTIGHOUSE. (1992). *Manual de Alumbrado Público. MADRID: DOSSAT, S.A*
- Normativa de Construcción de Alumbrado público Disnorte-Dissur*
- Normativa de Alumbrado público año 2009.*

