

MANUAL DE ALUMBRADO PÚBLICO

Documento para Municipios

**Comité Permanente de Peritos en
Instalaciones Eléctricas**

**Colegio de Ingenieros Mecánicos y
Electricistas, AC**

2014

INDICE

1 PLANTEAMIENTO DEL PROYECTO.....

- 1.1 Servicio
- 1.2 Conexiones al sistema eléctrico

2 CONDUCTORES Y PUESTA A TIERRA.....

- 2.1 Cargas y circuitos
- 2.2 Conductores y su caída de tensión (regulación)
- 2.3 Sistema de puesta a tierra

3 INSTALACIONES AEREAS Y SUBTERRANEA.....

- 3.1 Métodos de alambrado
- 3.2 Circuitos de control
- 3.3 Vandalismo

4 FUENTES DE ALIMENTACIÓN.....

- 4.1 Tensiones de operación
- 4.2 Transformadores, protecciones y control
- 4.3 Sistemas independientes con celda fotovoltaica

5 MANTENIMIENTO.....

- 5.1 Tecnologías recomendadas
- 5.2 Especificaciones en luminarios
- 5.3 Controles de inventarios
- 5.4 Mantenimiento a baterías, celdas fotovoltaicas y controles

1 Planteamiento del Proyecto

1.1 Servicio

El servicio que otorga una instalación de alumbrado público es principalmente en:

1. **Confiabilidad.** La instalación debe ser confiable en su servicio, y no deberá presentar problemas de fallas debidas a su intemperización.
2. **Independencia.** Debe ser un sistema eléctrico independiente, conectado directamente a la línea de distribución primaria de Media Tensión.
3. **A prueba de vandalismo.** Como efectos del medio ambiente, se deberá considerar el vandalismo del que pueda ser sometido el sistema: Robos de equipos que lo integran, conexiones ilegales a su instalación eléctrica.
4. **Mantenimiento.** El mantenimiento se deberá considerar como no especializado, de tal manera que permita de manera sencilla el cambio de equipo dañado, sin alterar el sistema en su funcionamiento, y pensando en evitar fallas de falta de equipo, haciendo con menos variantes de equipo el sistema: Fococeldas de una misma capacidad, luminarios de una sola capacidad o bien de pocas variantes.

Nota: Los túneles son parte del alumbrado público y su funcionamiento es exactamente inverso al del alumbrado público: Su mayor intensidad se requiere durante el día y sobre todo a la entrada del túnel, y puede ser atenuado en la noche.

1.2 Conexiones al sistema Eléctrico

La independencia a la que se hace mención en el planteamiento general, establece que los sistemas de alumbrado sean conectados de manera independiente al sistema de distribución secundario de energía en baja tensión, esto es, el utilizado para entregar energía a casas habitación y negocios de consumo menor a 20 kW.

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.

Se recomienda el uso de transformadores monofásicos, con primario a 2 fases y secundario en T440-220V, de tal manera que la tensión de línea proporcionada, no se de uso común y evite el robo de energía, teniendo así una tensión de operación en 220V línea a neutro.

Se podrá usar el sistema trifásico en Y380-220V en secundario, para la misma finalidad anteriormente explicada: 220V fase-neutro. La tensión del primario será acorde a lo que se encuentre en la zona: 34,5kV, 23kV o 13,2kV, como ejemplo de las normalmente encontradas.

En caso de no poder contar con ésta independencia por falta de líneas de media tensión, se deberán usar transformadores de aislamiento relación 1:1 o 1:2, para poder tener los 220V de fase a neutro.

Esta tensión ofrece otra ventaja en los métodos de puesta a tierra y alambrado, que será analizada más adelante.

2 Conductores y puesta a tierra.

2.1 Cargas y Circuitos.

Se considera que los circuitos no deberán ser de demasiadas luminarias, para evitar regulaciones muy altas, y posibles zonas de falla muy grandes.

Consideraciones generales de circuitos:

- 1 Factor de 1.25 para cargas continuas.
- 2 De 10 a 20 luminarios por circuito.
- 3 Alternancia de circuitos en una vialidad, para evitar grandes zonas oscuras cuando suceda una falla.

Así pues, para sistemas de luminarios HID se tendría, para los calibres más usados:

Tipo	Potencia Nominal	Potencia Real (incluye balastro)	Corriente @220V _{L-N} @fp≥0.85	Cobre			Aluminio		
				No de luminarias para 50A (Cal 8 @ 75°C)	No de luminarias para 65A (Cal 6 @ 75°C)	No de luminarias para 85A(Cal 4 @75°C)	No de luminarias para 50A (Cal 6 @ 75°C)	No de luminarias para 65A (Cal 4 @ 75°C)	No de luminarias para 90A (Cal 2 @ 75°C)
VSAP	400 W	458 W	2.45A	13	20	20*	13	20	20*
VSAP	750 W	825 W	4.41A	N/R	11	15	N/R	11	16
MH	400 W	458 W	2.45A	13	20	20*	13	20	20*
MH	1000W	1100W	5.90A	N/R	N/R	11	N/R	N/R	12

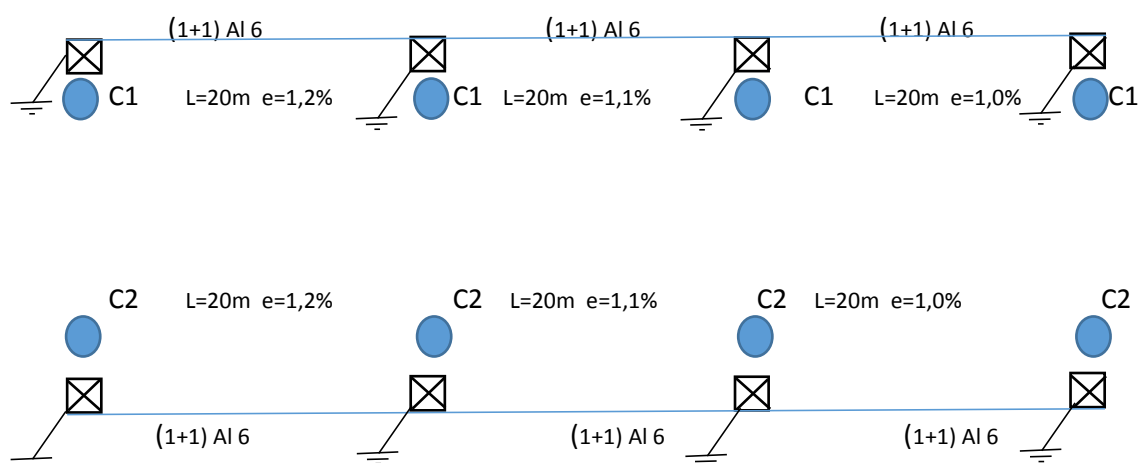
*Sobrepasa las 20

Para el caso de luminarios LED se tiene variaciones en las potencias, y es importante observar los lúmenes emitidos por el modelo, y así poder encontrar la adecuada al proyecto. Para el ejemplo se tomarán 3 potencias de las más comerciales al momento de hacer éste manual.

Tipo	Potencia Nominal	Potencia Real (incluye balastro)	Corriente @220V _{L-N} @fp≥0.85	Cobre		Aluminio	
				No de luminarias para 35A (Cal 10 @ 75°C)	No de luminarias para 50A (Cal 8 @ 75°C)	No de luminarias para 50A (Cal 6 @ 75°C)	No de luminarias para 65A (Cal 4 @ 75°C)
LED	70W	70W	0.4A	20*	20*	20*	20*
LED	100W	100W	0.5A	20*	20*	20*	20*
LED	125W	125W	A	20*	20*	20*	20*

Como se observa en todos los casos el conductor soporta más de 20 luminarios, por lo que el conductor de mayor calibre, 4 en cobre y 2 en aluminio se suprimen para el uso en LED.

La alternancia de circuitos se refiere a usar agrupaciones por circuito que no ocupen una región completa, por ejemplo, si las luminarias van de un lado y de otro, procurar que un circuito sea por un lado y otro del otro lado. Si es una sola línea de luminarios alternar 2 de un circuito y 2 de otro:



2.2 Conductores y su caída de tensión (regulación).

La NOM-001-SEDE-2012 marca al conductor XHHW/RHW cal 6 en aluminio, como mínimo permisible, y es coincidente con la recomendación planteada en los análisis de carga mostrados anteriormente. En el caso del cobre, si bien se marca 14 como el mínimo en cobre que se puede usar, se establece el 8 dado que tiene la misma capacidad del cable 6 en aluminio. Sin embargo, para la conexión de la línea de alimentador hacia la conexión al luminario, se podrá usar cal 10 en cobre, esto en similitud a lo establecido en el art 930-16 de la NOM-001-SEDE-2005.

Se deberá evitar conexiones cobre/aluminio, y en caso de necesitarse, usar conectores para éste fin, bimetálicos. Las derivaciones a cada luminario se harán con los mismos mínimos aquí marcados: 10 para cobre y 6 en aluminio.



Conector KSU bimetálico



Conector KS Cobre



Conector de presión Cobre

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

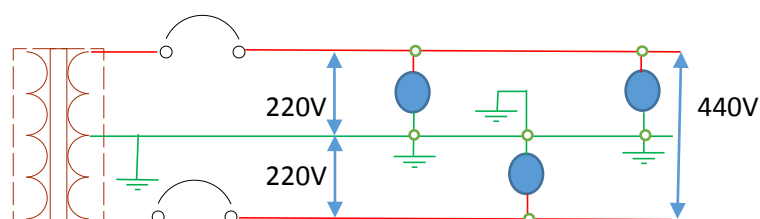
Algunos autores mencionan al 5 % como la regulación máxima permitida, sin embargo, la NOM-001-SEDE-2012 lo menciona como una nota, esto es, no obliga a tener este porcentaje máximo. Lo que realmente establecerá esta regulación, es el equipo conectado, si el equipo soporta variaciones de tensión del $\pm 2\%$ entonces la caída máxima será 2%.

Para el cálculo de caída de tensión, por tanto, deberá calcularse de manera parcial, de nodo a nodo o de derivación a derivación, para justo establecer la tensión en el punto de la luminaria, y que sea acorde a la especificación técnica.

2.3 Sistema de puesta a tierra

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

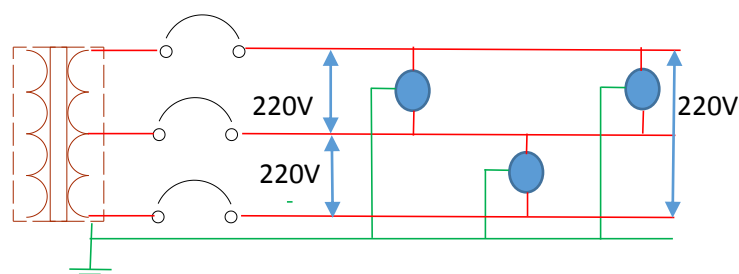
La propuesta de este manual consiste en usar circuitos en $220V_{LN}$ esto es, fase neutro, y ocupando un neutro multiaterrizado, (conocido como conductor PEN en EU). Estos sistemas se conocen como sistemas de neutro común, donde el cable de neutro es usado como puesta a tierra, siempre y cuando, este se encuentre puesto a tierra con un electrodo en el punto de la carga, para evitar sobretensiones.



Es posible usar el neutro común como neutro compartido, acorde al art 225-7(b) siempre que este sea rebasado en su capacidad, a las corrientes de retorno. (NOM-001-SEDE-2012).

Este arreglo permite el ahorro de cable de puesta a tierra, y para el caso donde las anclas del poste cumplan con lo establecido en 250-53 de la NOM-001-SEDE-2012, estas podrán ser usadas como electrodos, no requiriendo electrodos artificiales en ese punto.

Se puede seguir usando el sistema de neutro separado, llevando el cable SPT adicionalmente:



Y es funcional, siempre que el cable SPT exista. De no haber cable SPT en este arreglo, es posible que en luminarios LED sean afectados.

3 Instalaciones Aéreas y Subterráneas

3.1 Métodos de Alambrado

Existen 2 métodos de alambrado para los sistemas de alumbrado: Subterráneo y aéreo. Ambos métodos pueden usar sistemas de neutro común o de neutro separado.

Para el caso del aéreo se tiene que las alturas de montaje deberán ser superiores a los pasos de automotores y en el caso de subterráneo, a una profundidad que evite el daño por aplastamiento al paso de los automotores en vía pública. Ambas cotas mínimas se encuentran normalizadas en el art 300 de la NOM-001-SEDE-2012.

La normalidad en un sistema de alumbrado público nuevo, es que se proyecte subterráneo, para lo cual se deberá considerar:

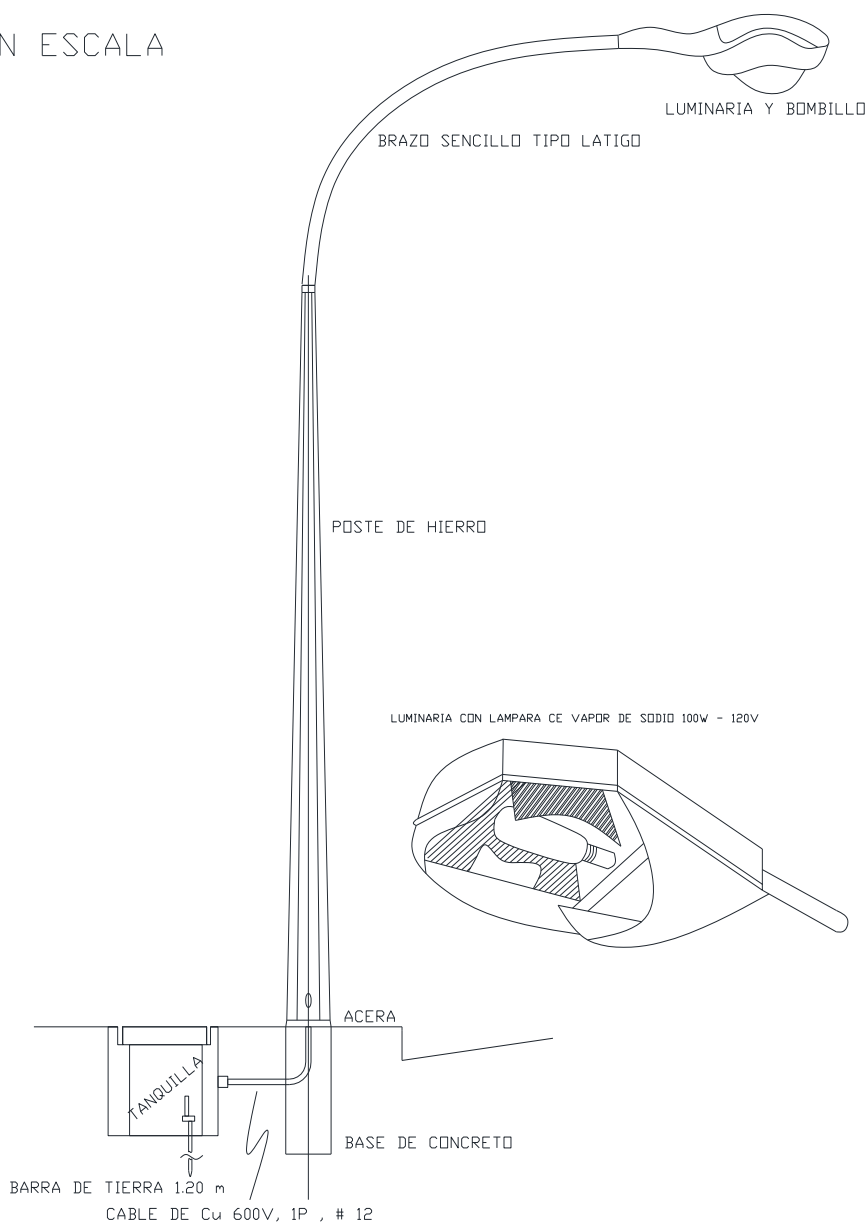
1. Uso de diámetros superiores a los 53mm, para evitar azolves.
2. Uso de canalizaciones adicionales, previendo reposición de trayectorias por mantenimiento.
3. Sellado de canalizaciones usadas y no usadas, para evitar azolves. Se deberá usar selladores exclusivos para éste uso, queda demostrado que el uso de espumas de uretano no son duraderas con el agua.
4. Construcción de registros para cambios de dirección, lugares de conexión o empalme y lugares de jalado para su instalación y/o mantenimiento.
5. Los alimentadores deberán de ir agrupados todas las fases, neutro y, en su caso el SPT, por la misma canalización cuando sean de un mismo circuito.
6. Los conductores de alimentación deben ser continuos, sin empalmes ni derivaciones de la acometida al luminario.
7. Se deben asegurar los empalmes entre los cables del luminario y los de alimentación tanto eléctrica como mecánicamente, y el material usado para aislarlos, debe tener una clase térmica al menos igual que la de los cables para la alimentación del luminario.
8. Cuando los conductores de alimentación pasen a través de un orificio debe estar libre de rebabas o filos cortantes.
9. Se debe limpiar el interior de toda canalización, para evitar que queden desperdicios de materiales, que puedan dañar el forro de los conductores.
10. Se deben construir de tal forma que por ningún motivo queden alojadas por debajo de cimentaciones de cualquier tipo, principalmente cuando éstas correspondan a equipo, maquinaria o edificaciones, ni donde haya vapores corrosivos o inflamables.
11. Se deben observar las profundidades de excavación acorde al tránsito de éstas.

El uso de sistemas de distribución aéreo se reserva para sistemas ya en funcionamiento, y que su instalación subterránea es inaccesible por condiciones de urbanización, o bien, porque las condiciones de vandalismo por robo, no permiten la subterránea. Se sugiere que los sistemas de distribución aérea no sean proyectados, salvo que se tenga una condición excepcional.

De ser así se sugiere:

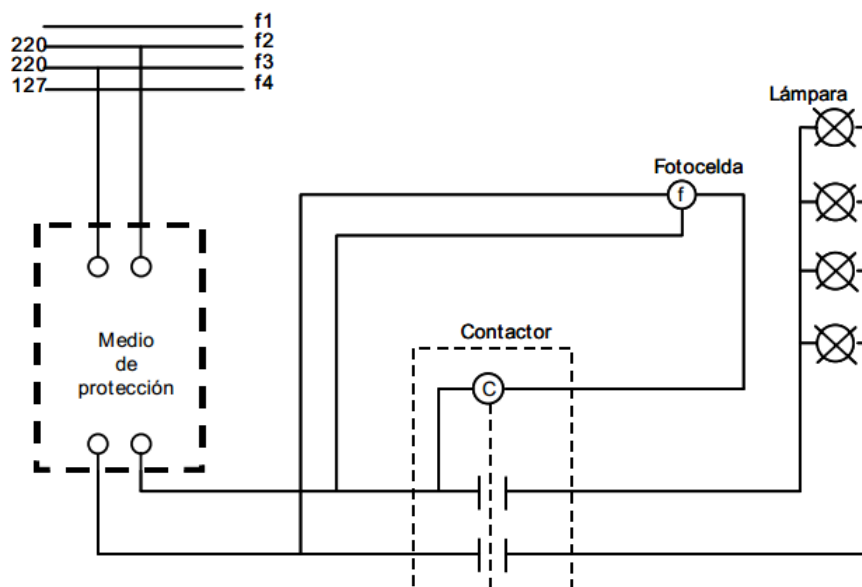
1. Uso de cables de aluminio XHHW 1+1, 2+1 o 3+1 según se requiera.
2. Se debe hacer la equipotenciación o puesta a tierra en el poste, según se requiera, para evitar contactos cobre-aluminio. Un cable de aluminio no puede llegar directamente al electrodo de puesta a tierra.
3. Revisar las distancias interpostales para evitar largos trayectos, en caso de así requerirlo, se deberá considerar cables con cable guía o de soporte.
4. Considerar catenarias o flechas, así como distancias a edificios y vialidades establecidas en el art 922 de la NOM-001-SEDE-2012.

POSTE METALICO HEXAGONAL CON
BRAZO SENCILLO TIPO LATIGO
SIN ESCALA



3.2 Circuitos de Control

Establecido en el art 930-17 de la NOM-001-SEDE-2005, se establece que los circuitos de control deberán ser de la siguiente manera:



Entendiendo que el dispositivo de cierre de circuito de la bobina, en este caso la fotocelda, podrá tener otro diferente, como un temporizador, sensor RF o un sensor IR.

3.3 Vandalismo

Se entenderá por vandalismo como aquellos actos derivados de fenómenos sociales, que atenten contra la integridad de una instalación y de la energía que usa (robo). Se debe considerar a este factor como importante durante la elaboración del proyecto, evitando 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.

Se hace énfasis de este cuidado con los dispositivos de medición de energía para su cobro. De hecho es posible establecer métodos de cobro o de medición, que queden por encima de éste problema.

4 Fuentes de alimentación

4.1 Tensiones de operación

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.

Otro aspecto, es evitar el uso de la instalación de alumbrado para otras instalaciones próximas, tales como infraestructura urbana o bien, usos ilegales por medios vandálicos: robo de energía.

El usar tensiones en $220V_{LN}$ trae consigo solución a éste problema. Sin embargo, no se limita el uso de $220V_{LL}$ siempre que las condiciones lo permitan.

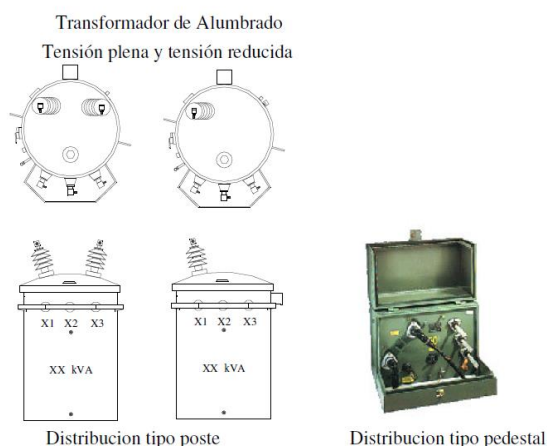
El considerar tensiones L-N mejora las condiciones de calidad de energía, aunado al uso de transformadores especiales para el alumbrado, evitan que estas distorsiones estén en la red del suministrador.

4.2 Transformadores, Protecciones y control

Los transformadores tienen la función de suministrar la energía eléctrica necesaria en baja tensión para el funcionamiento de la red de Alumbrado Público.

Las capacidades de los transformadores que se emplearán en proyectos de alumbrado público, serán hasta 75 kVA para HID y hasta 30 kVA en LED, preferentemente, con el fin de que cuando ocurra alguna falla, el área afectada no sea muy extensa y que sus alimentadores no sean muy largos. Los transformadores serán de distribución tipos poste o pedestal, monofásicos de tensión plena o tensión reducida, esto dependiendo de la disponibilidad de neutro corrido desde la subestación, o tipo pedestal en distribución subterránea.

Para la protección en media tensión deberán instalarse elementos fusibles y apartarrayos de la capacidad adecuada.



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.

Los contactores usados para el control del circuito, deberán de ser mayor o igual al usado en su protección de circuito. Por ningún motivo el dispositivo de control fotocelda o timer, deberá interrumpir el circuito general, a menos que tenga la capacidad de corriente para hacerlo.

4.3 Sistemas independientes con celda fotovoltaica.

Se considera a los postes que cuentan con una fuente independiente de alimentación, a través de una celda FV y una pila. Para fines de métodos de alambrado, no se consideran, al ser éstos independientes de la red.

Sin embargo, es recomendable contar con una línea de alimentación en bypass para el caso de así requerirlo, sobre todo cuando se trate de vialidades primarias.

5 Mantenimiento

5.1 Tecnologías recomendadas

En la consideración de los proyectos, se puede utilizar algún tipo de tecnologías para su uso, así se debe de tomar en cuenta de las tecnologías:

1. LED.- Los Luminarios LED consisten en la tecnología de ahorro principal, sin embargo, existen variaciones tecnológicas entre marcas, con las cuales se debe tener cuidado para su selección. Requieren además una estabilidad de tensión mayor que las HID.
2. HID.- Los luminarios de alta descarga llamados así por la gran cantidad de lúmenes emitidos, sin embargo, su eficacia no llega al desempeño de las LED. No requieren una regulación muy precisa. Básicamente sus tecnologías son VSAP (Vapor de Sodio Alta Presión) y Aditivos Metálicos (MH).

No se considera que una tecnología sea mejor que la otra, si no que cada una tiene una aplicación especial.

5.2 Especificaciones en luminarios

La asociación de ingenieros de alumbrado de Norteamérica (IESNA por sus siglas en inglés) refiere a varios reportes, los cuales recomendamos solicitar a sus opciones de compra:

Reporte LM79-08. Es un informe de pruebas emitido en un formato estándar. Proporciona datos de:

- Flujo luminoso Total
- Intensidad luminosa Distribución
- Características Eléctricas de consumo
- Eficacia Luminosa (calculado)
- Características de color.

Reporte LM80. Es un informe de pruebas emitido en un formato estándar. Proporciona un flujo luminoso (lúmenes) en un período de 6.000 horas con mediciones a intervalos. El flujo luminoso será medido por 3 diferentes temperaturas del LED: 55°C, 85°C y una tercera de temperatura para ser seleccionado por el fabricante. A través de éstas se corrobora el flujo mantenido del luminario LED y sus cambios de cromática durante la prueba.

5.3 Controles de Inventarios

Otro aspecto a analizar en la selección del equipo, es la referente al control de inventarios para los luminarios de reposición y sus partes:

1. Facilidad de conseguir partes. Puede ser conveniente establecer compromisos de reposición y refacciones con los proveedores
2. Tamaños de inventarios. Es importante considerar sistemas con pocas variantes de luminarios, tal vez 2, y así evitar tener inventarios muy grandes por variedad, y no por número.

5.4 Mantenimiento a baterías, celdas fotovoltaicas y controles.

Es importante mantener los sistemas tomando en cuenta las variables de mantenimiento requeridas:

Controles. Los sistemas de control de circuitos de alumbrado se deberán de mantener en funcionamiento en sus platinos y bobinas. Dentro de éstas se deberán observar el estado adecuado de los cables, y en su caso cortar las puntas, y volver a conectarlas. Por esta razón es importante tener algún tramo adicional de cable (cocas) dentro de las cajas.

Baterías. SE debe observar que las baterías mantengan una duración adecuada, con la tensión adecuada. No debe observarse fugas de químicos o gases de éstas. Cuando sea tiempo de

cambiarlas, que puede ser de 1 a 3 años, se deberá observar su adecuada disposición por ser desechos tóxicos.

Celdas Fotovoltaicas. Son normalmente libres de mantenimiento, pero es recomendable limpiar su superficie, para mejorar su eficiencia. De la misma manera se deberá observar que su orientación no cambie, en caso contrario, realinear.