	Serie	División Distribución y Comercialización
INSTRUCCIÓN TÉCNICA	IT-ILC-07-2021	Versión 1.0-2021
Tema: Alumbrado Público-Apartado II: Diseño iluminación de carreteras Parámetros de diseño ICE para iluminación en carreteras		

INTRODUCCIÓN

La presente instrucción técnica pretende regular y estandarizar todo lo referido al diseño y ejecución de obras de iluminación en carreteras, considerando que se encuentren localizadas y atendidas en el área de concesión de la División Distribución y Comercialización del Instituto Costarricense de Electricidad (DDC-ICE).

Además, dicho documento viene a dar una respuesta metodológica y práctica para la debida utilización de los involucrados en este tema y en momentos en los que se están ejecutando proyectos de ampliación y construcción de carreteras en el país, y que lo consolida para los futuros que se ejecuten.

Debe considerarse de acatamiento obligatorio y cualquier variante al mismo, debe ser sometida a consideración para su análisis por parte del Área de Iluminación de la DDC.


Debido a la inexistencia de información en entidades gubernamentales relacionadas con el Ministerio de Obras Públicas y Transportes, asociada con iluminación en carreteras, y debido a varias ampliaciones y mejoras en las mismas, se genera esta **Instrucción Técnica**, la cual será de acatamiento obligatorio, para aplicación en el diseño y ejecución de obras de iluminación de todas las carreteras que se encuentren localizadas, en el área de concesión de la División Distribución y Comercialización del Instituto Costarricense de Electricidad (ICE).

EXPLICACIÓN TÉCNICA

A. Datos preliminares

El diseñador requiere de los siguientes datos de las luminarias como mínimo, los cuales serán presentados al ICE, sean éstos puntuales, en formato gráfico o tabular, a través de ensayos de laboratorio acreditado por un ente reconocido, o una combinación de los anteriores, cumpliendo con normas internacionales tales como IES, IEC, UL, ANSI, entre otras. Todo dato requerido, al cual se le pueda aplicar un ensayo de verificación será presentado tal cual.

1. Diagrama isolux.
2. Gráfico polar o curvas de distribución de la intensidad luminosa (CDL o CRL o DIL).
3. Tabla de intensidades lumínicas o matriz de ángulo C (de 0° a 360° en intervalos de 15°), y ángulo γ (de 0° a 90° en intervalos de 5°).
4. Potencia eléctrica consumida de la luminaria.
5. Distorsión armónica total en corriente.
6. Temperatura en el disipador @ 25 °C de temperatura ambiente, y una hora de estabilización a 240 VAC.
7. Factor de potencia.
8. Flujo luminoso global emitido por la luminaria.
9. Flujo luminoso inicial.
10. Flujo hemisférico superior instalado por zonas (FHSi).
11. Flujo hemisférico inferior (FHI).
12. Eficiencia eléctrica de la luminaria.
13. Eficiencia lumínica de la luminaria.
14. Eficacia de la luminaria.
15. Coeficiente de la luminaria.
16. Temperatura de color correlacionado (CCT).


	Serie	División Distribución y Comercialización
INSTRUCCIÓN TÉCNICA	IT-ILC-07-2021	Versión 1.0-2021
Tema: Alumbrado Público-Apartado II: Diseño iluminación de carreteras Parámetros de diseño ICE para iluminación en carreteras		

17. Índice de reproducción cromático o índice de rendimiento de color (CRI).
18. Curva de coeficiente de utilización (CU) o factor de utilización de la luminaria.
19. Datos relacionados al factor de pérdida de iluminación (LLF-Light Loss Factor) o factor de mantenimiento: El factor de mantenimiento deberá calcularse de acuerdo a los siguientes factores recuperables y a factores no recuperables:
 - A. Factores recuperables
 - LBO (Lamp burnout factor).
 - LLD (Lamp lumen depreciation).
 - LDD (Luminaire dirt depreciation).
 - B. Factores no recuperables
 - LAT (Luminaire ambient temperature).
 - LV (Luminaire voltage).
 - Factor proveniente del driver.
 - LSD (Luminaire surface depreciation).
20. Depreciación de flujo luminoso de la luminaria a 100 mil horas de uso y su proyección estimada, tomando como base para dicha estimación, una temperatura de 25 °C.
21. Documento con no más de 1 año de emitido por el Laboratorio de Eficiencia Energética del ICE, donde se muestre la marca y el modelo de la luminaria por utilizar, como una de las luminarias homologadas, lo anterior con el aporte de todas las pruebas del Laboratorio.
22. Documento con no más de 1 año de emitido por la Unidad de Laboratorios Químicos del ICE para ensayos de corrosión, donde se muestre la marca y el modelo de la luminaria por utilizar, como una de las luminarias homologadas, lo anterior con el aporte de todas las pruebas del Laboratorio.
23. Ficha técnica de los LED utilizados, así como los siguientes gráficos de fabricante propios del LED:
 - Flujo luminoso relativo @ 25°C [Flujo luminoso normalizado (pu) vs Corriente de polarización directa (mA)-Normalized luminous flux (pu) vs Forward current (mA)].
 - Características de corriente de polarización directa [Corriente de polarización directa (mA) vs Voltaje de polarización directa (V)-Forward current (mA) vs Forward voltaje (V)].
 - Eficacia del diodo [Eficacia del diodo (lm/W) vs Corriente de polarización directa (mA)-Efficacy (lm/W) vs Forward current (mA)].

B. Criterios de diseño

Los criterios de diseño siempre estarán primordialmente ligados a la seguridad de conductores y peatones. Cada criterio de diseño, no es excluyente para realizar los cálculos de iluminación, sino que el diseñador tendrá que unificar los criterios de diseño, para entregar un resultado aceptable conveniente para la seguridad humana en carreteras.

Para cumplir con los criterios de diseño, no necesariamente se debe utilizar un mismo tipo de luminaria en todo el trayecto de la carretera por analizar, sino que se podrán seleccionar en las Variantes.

	Serie	División Distribución y Comercialización
INSTRUCCIÓN TÉCNICA	IT-ILC-07-2021	Versión 1.0-2021
Tema: Alumbrado Público-Apartado II: Diseño iluminación de carreteras Parámetros de diseño ICE para iluminación en carreteras		

Los criterios de diseño para la iluminación de carreteras son:


- a. **Criterio 1:** Material de la superficie de la carretera: Se tomará como base de diseño, el material de la superficie de rodaje. En caso de que, en una misma calle, uno o más carriles, tengan superficies de rodaje de distinto material, se utilizará el que tenga menos reflectancia para el diseño. Se encontrarán 5 materiales:
 1. Asfalto negro.
 2. Asfalto claro.
 3. Concreto.
 4. Lastre.
 5. Combinación de cualquiera de los anteriores a lo largo de una misma carretera o ruta.

- b. **Criterio 2:** Patrón de distribución de iluminación de las luminarias: Se aceptarán las siguientes distribuciones normalizadas:
 1. Tipo I: Uso bajo solicitud o autorización del ICE.
 2. Tipo II: Uso bajo solicitud o autorización del ICE.
 3. Tipo III-Distribución media o larga.
 4. Tipo IV-Distribución media o larga.
 5. Tipo V: Uso bajo solicitud o autorización del ICE.
 6. Tipo VS: Uso bajo solicitud o autorización del ICE.

- c. **Criterio 3:** Disposición de luminarias en carretera: Se aceptarán las siguientes disposiciones:
 1. Unilateral.
 2. Bilateral opuesta (frente a frente).
 3. Bilateral alternada o tresbolillo.
 4. Central doble.
 5. Doble poste, central sencilla.

- d. **Criterio 4:** Clasificación de carreteras: De acuerdo a la normativa nacional, y a proyecciones de mejora al 2035, las carreteras se clasificarán de la siguiente manera:
 - a) *Red vial nacional:* Comprende:
 1. Carreteras primarias.
 2. Carreteras secundarias.
 3. Carreteras terciarias.

 - b) *Red vial cantonal:* Comprende:
 1. Caminos vecinales.
 2. Calles locales.
 3. Caminos no clasificados.

	Serie	División Distribución y Comercialización
INSTRUCCIÓN TÉCNICA	IT-ILC-07-2021	Versión 1.0-2021
Tema: Alumbrado Público-Apartado II: Diseño iluminación de carreteras Parámetros de diseño ICE para iluminación en carreteras		


Fuente: Ley 5060-1972 Ley general de caminos públicos y MOPT N° 13401-T-1981
Reglamento sobre clasificación funcional de caminos públicos

También, de acuerdo al Plan nacional de transportes de Costa Rica 2011-2035 volumen 2 del MOPT, se divide en tres niveles jerárquicos:

1. Red Vial Estratégica: Se divide en:
 - Red de alta capacidad.
 - Distribuidores regionales
2. Red Vial Complementaria: Se divide en:
 - Conectores de integración territorial.
 - Red básica de acceso.
3. Red Vial Cantonal.

Estas clasificaciones serán utilizadas en esta **Instrucción Técnica** para iluminación. Al no existir una norma por parte del ente rector en carreteras (MOPT), el ICE designará los criterios de iluminación.

- e. **Criterio 5:** Parámetros de iluminación: Los parámetros son los siguientes:

	Serie	División Distribución y Comercialización
INSTRUCCIÓN TÉCNICA	IT-ILC-07-2021	Versión 1.0-2021
Tema: Alumbrado Público-Apartado II: Diseño iluminación de carreteras Parámetros de diseño ICE para iluminación en carreteras		


Cuadro 1. Parámetros de iluminación

Designación interna ICE	Clasificación de carretera ^{G-H}	Iluminancia media horizontal (lux) ^C	Iluminancia mínima horizontal (lux) ^C	Luminancia media (cd/m ²) ^D	Uniformidad global (U _o) ^C	Uniformidad longitudinal (U _L) ^C	Incremento de umbral (%) ^E	SR (mínima-%)
CR1-RVN-ICE ^F	Primaria-Red de alta capacidad-Distribuidores regionales-Conectores de integración territorial	30	10	2,00	0,5	0,7	10	50
CR2-RVN-ICE	Secundaria-Red básica de acceso	18 ^A -22 ^B	7	1,00	0,5	0,7	15	50
CR3-RVN-ICE	Terciaria	15	7	0,75	0,4	0,5	15	50
CR4-RVC-ICE	Calles vecinales	10	5	0,5	0,4	0,4	15	50
CR5-RVC-ICE	Calles locales	Se basarán los datos en el Cuadro 2						50
CR6-RVC-ICE	Caminos no clasificados	10	4	0,5	0,4	0,5	15	50

Notas al cuadro 1:

^A Valor a utilizar con un promedio anual < 2000 vehículos/diarios.

^B Valor a utilizar con un promedio anual ≥ 2000 vehículos/diarios.

	Serie	División Distribución y Comercialización
INSTRUCCIÓN TÉCNICA	IT-ILC-07-2021	Versión 1.0-2021
Tema: Alumbrado Público-Apartado II: Diseño iluminación de carreteras Parámetros de diseño ICE para iluminación en carreteras		

^C Valores mínimos.

^D No debe superar 2,5 cd/m².

^E Valor máximo.

^F En esta designación, se incluye todos los anillos periféricos de una ciudad o cabecera de cantón, así como toda radial de entrada y salida a una cabecera de cantón.

^G Será consultada por el diseñador de previo en el ICE, para asignarle la clasificación correcta de la carretera bajo estudio.


^H En estas clasificaciones, debe considerarse la coexistencia de vehículos con bicicletas y peatones en la carretera. Esto hará que, en el diseño a uno y otro lado de la carretera, al menos 1,5 m con respecto de la orilla de calle, deberá haber a lo largo de esa, una franja constante de iluminancia mínima horizontal de 5 lux, y una iluminancia mínima vertical de 2 lux, a 1,5 m sobre el nivel de la acera o ciclovia. La iluminancia media vertical mínima, se mantendrá paralela al trayecto del peatón y del ciclista. Si es imposible lograr dichos niveles con las luminarias de carretera, deberá complementarse con luminarias especiales para aplicaciones peatonales y cicloviales. En caso de no existir aceras y ciclovías en la carretera, la iluminancia media horizontal será de 7 lux y la iluminancia media vertical mínima será 3 lux, a 1,5 m sobre el nivel de la acera o ciclovia. La iluminancia media vertical mínima, se mantendrá paralela al trayecto del peatón y del ciclista.

^I En cruces de ferrocarril sobre la carretera, la iluminancia media horizontal, se incrementará 10 lux para cada una de las clasificaciones indicadas, y la iluminancia mínima horizontal, se incrementará 5 lux para cada una de las clasificaciones indicadas. En el cruce del ferrocarril, la iluminancia media horizontal será de 50 lux y la iluminancia media vertical mínima, será de 10 lux a 3 m de altura sobre la parte superior del riel del tren.

^J Las diferencias de velocidad que hay a lo largo de una carretera, no disminuirá la clasificación principal de la carretera para el diseño de iluminación. Dichas diferencias serán, por ejemplo: Cruces, escuelas, intersecciones, entre otras.

^K Toda carretera clasificada por COSEVI en el año 2019, como de alta accidentabilidad, independientemente de la designación interna ICE o la clasificación de carretera mostrados en el **cuadro 1**, utilizará los parámetros de iluminación de una carretera con designación interna ICE **CR1-RVN-ICE**.

Fuente: DDC, ICE

	Serie	División Distribución y Comercialización
INSTRUCCIÓN TÉCNICA	IT-ILC-07-2021	Versión 1.0-2021
Tema: Alumbrado Público-Apartado II: Diseño iluminación de carreteras Parámetros de diseño ICE para iluminación en carreteras		

Cuadro 2. Parámetros de iluminación adicionales a los mostrados en el **cuadro 1**, para calles locales


Designación interna ICE	Clasificación ^B	Iluminancia media horizontal (lux)	Luminancia media (cd/m ²)	Uniformidad global (U ₀)
RVC-CL1-ICE	Aceras-ciclovías-cruces peatonales	5	0,5	0,25
RVC-CL2-ICE	Áreas residenciales con movimiento de vehículos a velocidades ≤ 25 km/h en carretera	10	1,0	0,2
RVC-CL3-ICE	Áreas con tráfico de vehículos a velocidades ≤ 40 km/h en carretera	20	2,0	0,4
RVC-CL4-ICE	Carreteras urbanas principales ^A	20	2,0	0,4
RVC-CL5-ICE	Bulevares peatonales-Sitios designados como carga y descarga de productos-Carga y descarga de pasajeros ^C -Cruces de 4 sentidos ^D	50	5	0,5

Notas al **cuadro 2**:

^A Se considera a carreteras dentro de la ciudad, poblado o pueblo, con más de dos carriles con un solo sentido de la vía, o más de dos carriles con configuración de sentido de vías opuestas. Las velocidades en esta clasificación de carretera, podrían ser > 40 km/h.

^B En todas las clasificaciones indicadas, habrá una combinación carretera-aceras-ciclovías. Por tanto, habrá coexistencia de vehículos, peatones y ciclovías. Aplicar la nota H de las notas del **Cuadro 1** al **cuadro 2**.


^C En carreteras con carga y descarga de pasajeros, habrá dos opciones:

	Serie	División Distribución y Comercialización
INSTRUCCIÓN TÉCNICA	IT-ILC-07-2021	Versión 1.0-2021
Tema: Alumbrado Público-Apartado II: Diseño iluminación de carreteras Parámetros de diseño ICE para iluminación en carreteras		

1. Si hay carril exclusivo de transporte público a lo largo de la carretera, se hará uso de alturas de montaje de 15 m a lo largo de la carretera, en el caso en que las luminarias hayan sido instaladas del mismo lado de la carretera donde se encuentra el carril exclusivo para transporte público. Este montaje de luminarias de 15 m podrá diseñarse de forma tal, que incluya el diseño de la carretera-acera-ciclovía total, siempre y cuando se cumpla con los parámetros solicitados a lo largo de la carretera, según su clasificación, y además se cumpla, con los parámetros de la carretera-acera-ciclovía a todo lo ancho, en los puntos de carga y de descarga de pasajeros. De lo contrario, se complementará con luminarias al otro lado de la carretera. Los parámetros sobre la carretera total, deberán cumplirse con al menos dos autobuses detenidos en la parada, separados entre ellos a una distancia de 0,5 m.
2. En casos donde existan paradas de autobuses, mas no carril exclusivo de transporte público y el montaje de luminarias se realice al lado opuesto de la carretera donde se encuentren las paradas de autobuses, se reforzará 100 m antes y 100 m después, sobre el mismo lado de la carretera donde se encuentra la parada de autobuses con montajes de luminarias a 15 m, sin que estos montajes de 15 m sustituyan la iluminación de carretera-acera-ciclovía al lado opuesto del carril de transporte público.

^D En cruces con 4 sentidos de vías, la iluminancia media vertical mínima será de 10 lux a 2 m tomados del centro del carril más bajo, sobre el nivel de la carretera.

Fuente: DDC, ICE

	Serie	División Distribución y Comercialización
INSTRUCCIÓN TÉCNICA	IT-ILC-07-2021	Versión 1.0-2021
Tema: Alumbrado Público-Apartado II: Diseño iluminación de carreteras Parámetros de diseño ICE para iluminación en carreteras		

C. Criterios mínimos aceptados por el ICE

Como criterios mínimos aceptados por el ICE, están:

1. Distancia entre postes: No inferior a 25 m.
2. Altura de montaje: No menor a 11 m.
3. Ángulo de la luminaria: 5° a 15 °.
4. Potencia eléctrica de la luminaria: De 80 W en adelante.
5. Eficacia mínima de la luminaria: Igual o superior a 135 lm/W. Esta eficacia debe ser real, considerando el voltaje y la corriente de alimentación de los diodos de la luminaria.
6. Toda instalación eléctrica de iluminación será subterránea.
7. Bajo todas las circunstancias posibles, debe tratar de mantenerse el cumplimiento de los parámetros de iluminación solicitados en el **cuadro 1** y en el **cuadro 2**, entre 0,5 cd/m² a 2 cd/m², con excepción de la designación interna ICE **RVC-CL5-ICE**, y la excepción de la nota **D** del **cuadro 1**. Esto es un requerimiento para fomentar la visión mesópica.
8. La luminaria por suministrar no debe afectar a las personas en lugares comerciales o residenciales, ni tampoco las áreas protegidas, por lo que el FHSi y el FHI deben ser tal que, minimicen los efectos perturbadores. La contaminación lumínica se controlará con mamparas. El sistema clasificatorio (BUG rating según la norma IES TM 15-11), se designa así:


Cuadro 3. Clasificación BUG

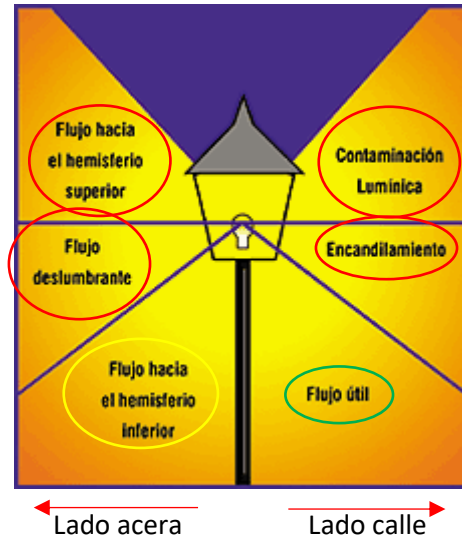
Letra	Clasificación
B	2 o 3
U	0
G	1, 2 o 3

Fuente: DDC, ICE

En la siguiente figura, se muestra los cuadrantes que se deben controlar, encerrados en un círculo:

Figura 1. Ejemplo de flujos de una luminaria para exteriores

	Serie	División Distribución y Comercialización
INSTRUCCIÓN TÉCNICA	IT-ILC-07-2021	Versión 1.0-2021
Tema: Alumbrado Público-Apartado II: Diseño iluminación de carreteras Parámetros de diseño ICE para iluminación en carreteras		



Fuente: Grupo de Estudios Luminotécnicos UPC

Nota: Lado acera y lado calle, indicados por aparte de la figura


En círculo rojo, aparecen los flujos que deben minimizarse al máximo. En círculo amarillo, aparece el flujo que debe controlarse y en verde el flujo utilizable para lograr cumplir con los parámetros de iluminación. El diseñador deberá consultar al ICE, los parámetros que deberá cumplir en estos casos.

9. La caída de tensión máxima para cualquier circuito, desde los terminales del secundario del transformador, no superará el 5%, siendo éste dividido en un máximo del 2% desde los terminales del secundario del transformador hasta el centro de control y protección, y de 3% desde la salida de las protecciones de cada circuito ramal de iluminación, hasta la última luminaria de cada circuito.
10. Se debe garantizar el aterrizamiento y equipotencialización de todo poste, luminaria y elemento instalado en el proyecto, y ser conectado en una malla de tierra con una resistencia $< 5\Omega$. Se debe presentar la memoria de cálculo y pruebas de verificación de cumplimiento de la resistencia in situ.
11. Toda caja de registro deberá contar con sistema antivandálico, para lo cual se entregará un juego de 3 llaves o 3 herramientas por cada 10 km de proyecto, para la apertura y cierre de las mismas.

D. Variantes

Las variantes en una carretera, son excepciones dentro del curso de una carretera, diferente a una línea totalmente recta, con una pendiente $\leq 6\%$. Estas variantes son de aplicación obligatoria, para cualquiera de las clasificaciones de carretera mostradas en el **cuadro 1** y en el **cuadro 2**. Dichas variantes, serán consultadas al encargado del Área de Iluminación de la DDC previo a la planificación, diseño, construcción o reacondicionamiento de una carretera, para la definición en la aplicación de parámetros de iluminación:

- a. Puentes.
- b. Puentes peatonales.
- c. Pasos vehiculares superiores (PSV).
- d. Pasos vehiculares inferiores (PIV).


	Serie	División Distribución y Comercialización
INSTRUCCIÓN TÉCNICA	IT-ILC-07-2021	Versión 1.0-2021
Tema: Alumbrado Público-Apartado II: Diseño iluminación de carreteras Parámetros de diseño ICE para iluminación en carreteras		

- e. Túneles.
- f. Carreteras con mediana.
- g. Curvas de radio largo.
- h. Salidas e ingresos desde y hacia la carretera.
- i. Cruces peatonales.
- j. Ciclovías.
- k. Aceras.
- l. Combinación carretera-acera-ciclovía.
- m. Estaciones de peaje.
- n. Estaciones de pesaje.
- o. Paradas de autobuses.
- p. Intersecciones.
- q. Virajes.
- r. Rotondas.
- s. Pendientes > 6%.
- t. Detalles de medición y centro de control y protecciones.

E. Entregables

Los entregables se harán tantas veces como sea necesario, hasta que se corrija o complete cualquier error o faltante de información. De cualquier proyecto de iluminación en carretera, se entregará para revisión por parte del ICE:

- La información indicada en el apartado **A. Datos preliminares**, de la **Explicación Técnica**, de esta **Instrucción Técnica**.
- Memoria de cálculo que incluya: Datos preliminares con los que se hacen los cálculos. Los cálculos deben venir con: Cálculo y resultado de la utilancia; cálculo y resultado del flujo útil; cálculo y resultado del rendimiento de la luminaria; cálculo y resultado del factor de utilización; resultados de estudio fotométrico punto a punto de la carretera por carril, tomando en cuenta que debe hacer el cálculo de cada uno de los sentidos de las vías, sean éstas de uno o más carriles, con valores dados en lux; resultados obtenidos y comparables con el **cuadro 1** y el **cuadro 2** de esta **Instrucción Técnica**; resultados de estudio fotométrico con escala de colores, con valores dados en lux; resultado de estudio en campo o simulación de luminancia, en una posición (-60m,y,1,5m) y otra posición (-83m,y, 1,45m), donde la posición y es transversal a la carretera, y será hecha a cada extremo de la carretera, independientemente del número de carriles con el mismo sentido de vía; resultados de estudio de la iluminancia media, mediante el método de los 9 puntos; resultados de estudio fotométrico con isolíneas sobre cada sentido de vía de la carretera, independientemente de la cantidad de carriles por cada sentido,; cálculos y resultados de parámetros de iluminancia ($E_{\text{mínimo}}$, E_{media} , $E_{\text{máximo}}$, y las relaciones entre ellos).
- Planos de diseño con dibujos principales y detalles del sistema de iluminación propuesto, y que incluya mapa de ubicación de la obra. Serán entregados en formato .dwg versión 2016 y .pdf.
- Fichas técnicas de cada uno de los materiales a emplear en la carretera.
- Estudio estructural civil del poste y su estructura de montaje.
- Estudio estructural del montaje del poste, así como detalles de cajas de registro, fosas de transformadores y detalles de montajes de equipos y accesorios al poste.

	Serie	División Distribución y Comercialización
INSTRUCCIÓN TÉCNICA	IT-ILC-07-2021	Versión 1.0-2021
Tema: Alumbrado Público-Apartado II: Diseño iluminación de carreteras Parámetros de diseño ICE para iluminación en carreteras		

- Visado ante el CFIA de la obra.
- Solicitud de permisos municipales.

F. Aceptación y aprobación

Luego del cumplimiento de los entregables y su aceptación final por parte del ICE, se devolverá al diseñador de la obra, los planos y documentos aprobados por el encargado del Área de Iluminación de la DDC para que inicie labores.

G. Vigencia de planos

El plano aprobado tendrá una vigencia de 1 año desde que fue aprobado por el ICE. Al año, el diseñador podrá presentar los planos nuevamente para posibles cambios, y aunque los mismos se aprueben por el ICE, no podrá iniciarse las obras, hasta tanto no se cuente con el permiso municipal y el visado vigente ante el CFIA.