

Propuesta de Normativa de Iluminación para Zonas Recreativas y Deportivas de la Ciudad de Quito, Realizando un Estudio Técnico-Económico con la Situación Actual

Bravo V. *; Rendón L.*; Salazar G. **

* Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, Quito, Ecuador
e-mail: victor.bravo.nieto; lizethrendon1990@hotmail.com

** Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, Quito, Ecuador
e-mail: gabriel.salazar@epn.edu.ec

Resumen: El artículo presenta un estudio de las ventajas y posibilidades de implementar nuevos sistemas de iluminación en zonas recreativas y deportivas de la ciudad de Quito. Se eligió el parque El Heraldo para realizar las mediciones de niveles de iluminación mediante los procedimientos de la Empresa Eléctrica Quito y compararlos con los parámetros establecidos en la regulación del CONELEC 008/11 y RTE INEN 069, que no abarcan lo necesario para un alumbrado ornamental eficiente. El desarrollo de la propuesta de norma se la realiza en base a criterios de los autores y a normas internacionales que han realizado estudios similares a este artículo. Se implementó los criterios de la propuesta en el parque El Heraldo con el uso del software Ulysse v2.3., suministrado por la empresa Schreder, permitiendo así analizar todos los datos de iluminación que intervienen en el sistema de alumbrado ornamental. En base al diseño realizado se hace un estudio económico que indica las ventajas de implementar sistemas eficientes de iluminación a través de índices financieros.

Palabras clave: Iluminación, Instalaciones Eléctricas, Eficiencia Energética.

Abstract: The article presents a study of the advantages and possibilities of implementing new lighting systems in recreational and sports zones in the city of Quito. The Herald park was chosen for measurement of lighting levels by the methods of Empresa Eléctrica Quito and compare them with the parameters established in regulation 008/11 CONELEC and RTE INEN 069, which do not cover you need for ornamental lighting efficient. The development of the proposed rule made based on the criteria of the authors and international standards that have performed similar studies to this article. The criterion of the proposal was implemented at the park El Heraldo using Ulysse v2.3 software, supplied by Schreder. This allowing analyzing all the data involved in the lighting system of ornamental lighting. Based on the design made an economic study showing the benefits of implementing efficient lighting systems through financial indices is made.

Keywords: Lighting, Electrical Installation, Energy Efficiency.

1. INTRODUCCIÓN

El Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, MEER, en su Plan de Eficiencia Energética del Sector Público, indica que actualmente en el país alrededor del 6% de la energía eléctrica es destinado al sistema de alumbrado público de vías, ornamental, e intervenido [1]. Esto indica que se debe considerar el uso de tecnologías de eficiencia energética en el Sector de Alumbrado Público.

En el Ecuador, el sector de alumbrado público se administra bajos las normas de: El Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN), que emite el Reglamento Técnico Ecuatoriano (RTE) INEN 069 [2], estableciendo requisitos para la iluminación pública; el Consejo Nacional de

Electricidad (CONELEC), con la Regulación 008/11 de Prestación del Servicio de Alumbrado Público [3]. Ambas bajo la supervisión del MEER, pero no abarcan todo lo necesario para un alumbrado ornamental eficiente, a partir de esto se desarrolló la propuesta de norma citada en este artículo dado que se observó la necesidad de fijar niveles de iluminación a lugares específicos que se encuentran dentro de las zonas recreativas y deportivas de la ciudad de Quito.

“Actualmente los dispositivos que funcionan con baja eficiencia energética, pueden ser mejorados en tres aspectos fundamentales y sin destruir nuestro entorno, entre ellos; la optimización de la energía, la reutilización de energía circundante y la preservación del medio ambiente en su estado natural” [4].

2. RECOPIACIÓN DE DATOS Y MEDICIONES

Cuando la medición se realiza en zonas como parques, plazas y áreas recreativas, no es posible aplicar el criterio de luminancia dado que no existe una distancia de observador mayor a 60 metros y no se puede ubicarlo correctamente debido a la superficie a medir. Por lo que en este tipo de zonas se aplicara el criterio de iluminancia usando un luxómetro.

2.1 Método de Medición de Iluminación Usado por la Empresa Eléctrica Quito

El procedimiento que se utilizó fue propuesto por los técnicos de la EEQ, en base a ciertas particularidades de la NTC 900, misma que se basa en la CIE 140-200, y experiencias propias de los técnicos.

- a) *Ubicación del sitio:* Conocer la ubicación y situación actual, además la verificación del funcionamiento de un gran número de las lámparas.
- b) *Equipo:* El luxómetro debe cumplir los siguientes requisitos:
- La inclinación del luxómetro debe ser la misma que el plano de trabajo o el plano proyectado por el flujo luminoso de la lámpara en la superficie.
 - El rango del luxómetro debe estar dentro de los valores esperados en la medición.
 - Como todo equipo de medición tiene un error debido al grado de exactitud del equipo y su sistema de calibración debe ser realizado por un laboratorio acreditado.
 - La persona encargada de realizar las mediciones le corresponde percatarse en no interferir con la luz que llega a la zona de trabajo.

c) *Procedimiento:*

- Establecer una malla de los puntos de medición. Desde los extremos del parque se hace una cuadrícula, el cuadrado debe medir entre 5 a 8 metros por lado. Todos los cuadrados son de la misma medida. Hay que tomar en cuenta que al momento de dividir la cuadrícula se debe tener un número entero de cuadrados. Cada cuadrado representa un punto de medición.
- Se recomienda realizar mínimo 30 puntos de medición en el área de trabajo. En caso de ser zonas pequeñas que no se puedan llevar a cabo más de 5 puntos de medición, se tomarán puntos específicos.

- Se procede a tomar las medidas con el equipo, para mediciones más confiables se debe cumplir los requerimientos del luxómetro.
- Se puede verificar los valores obtenidos realizando una segunda lectura.

2.2 Datos y Mediciones en Zonas Recreativas y Deportivas

Para el artículo se ha seleccionado el **Parque EL Heraldo** dado que posee características comunes de zonas urbanas de la ciudad de Quito, en donde se encuentra un área de juegos infantiles, canchas deportivas, áreas de gimnasio municipal, y amplias zonas verdes. Este se encuentra ubicado al norte de la ciudad de Quito. A continuación la Fig. 1.



Figura 1. Parque El Heraldo

- a) *Detalles de la Iluminación:* El parque cuenta con 12 luminarias de Sodio Cerrada de 250 W marca Schreder modelo Ámbar 3, con un sistema de control de hilo piloto que permite su activación y desactivación y reducción de potencia en ciertas horas. Las luminarias están distribuidas en 6 postes de hormigón de 12 m con una red aérea desnuda como se indica en la Fig. 2.



Figura 2. Ubicación de las luminarias en el parque El Heraldo
Fuente: Arcgis EEQ

b) *Datos de Medición:* Las mediciones fueron realizadas en cada zona que constituyen el parque. Las matrices de intensidades se indican en la Fig. 3 y los resultados de las mediciones en la Tabla 1.

NOTA: Es importante tener en cuenta que hay una área infantil y sectores considerados áreas verdes donde no se indica la matriz de intensidad, esto se debe a que en el procedimiento de medición, la lectura era aproximadamente cero en todos los puntos de dicha matriz, por lo que se consideraba que no era una zona iluminada y que el error con los valores teóricos era excesivamente elevados, siendo resultados que no aportaban al estudio antecedente al proyecto, más si en la propuesta de diseño.

3. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL

En base a los resultados de las mediciones obtenidas, se realiza un análisis en cuanto a niveles de uniformidad, iluminancia promedio y requisitos que se deben tomar en cuenta para el diseño de alumbrado público de zonas recreativas y deportivas.

Se analiza el cumplimiento de los niveles fijados por CONELEC[2] e INEN[3], en el parque El Heraldo mediante el cálculo del error para aquellas zonas que no cumplen con los niveles mínimos establecidos en las siguientes tablas.

Los niveles que emite la Regulación del CONELEC 008/11 [2] se observan en la Tabla 2. Y los niveles que emite el INEN [3] en la regulación RTE 069 están en la Tabla 3.

Tabla 1. Resultados de las mediciones en el parque El Heraldo

	Canchas				AREA GENERAL (Juegos infantiles-áreas verdes-camineras)				
	Tenis	T-Comp.	Futbol	Mixta	Área 1	Área 2			
Ei	227.60	47.50	91.90	133.10	721.90	126.40			
n	66.00	32.00	54.00	28.00	72.00	45.00			
Ep	3.45	1.48	1.70	4.75	10.03	2.81			
Emin	0.30	0.20	0.50	1.30	1.00	0.10			
Uo	8.70	13.47	29.38	27.35	9.97	3.56			
Emax	20.30	5.70	6.10	18.70	38.00	19.00			
Ug	1.48	3.51	8.20	6.95	2.63	0.53			
Camineras									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Ei	29.30	15.70	36.70	128.0	138.40	18.50	47.70	14.70	228.20
N	20.00	13.00	12.00	13.00	24.00	5.00	6.00	17.00	34.00
Ep	1.47	1.21	3.06	9.85	5.77	3.70	7.95	0.86	6.71
Emin	0.30	0.40	0.60	2.60	0.20	1.00	0.80	0.30	1.00
Uo	20.48	33.12	19.62	26.41	3.47	27.03	10.06	34.69	14.90
Emax	6.50	3.00	7.20	18.80	26.00	8.20	16.80	3.00	17.90
Ug	4.62	13.33	8.33	13.83	0.77	12.20	4.76	10.00	5.59

Dónde:

- Ei: Iluminancia total (lx)
- n: Número de mediciones
- Ep: Iluminancia promedio (lx)
- Emin: Iluminancia mínima (lx)
- Uo: Uniformidad media (Emin/Ep) (%)
- Ug: Uniformidad general (Emin/Emax) (%)

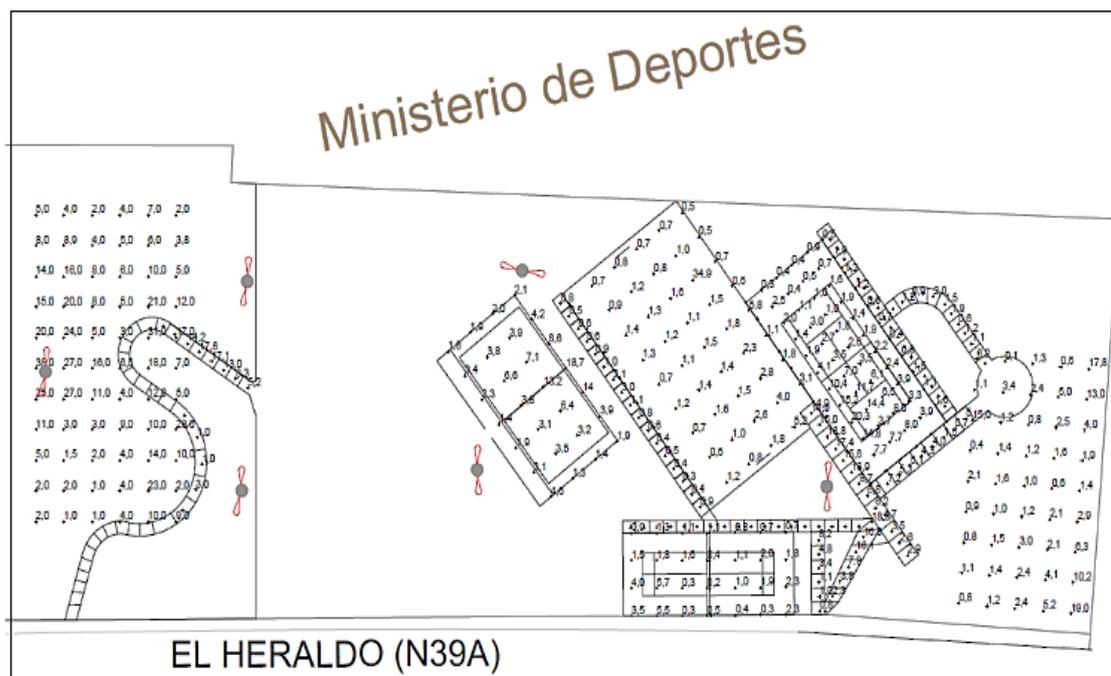


Figura 3. Matriz de intensidades del parque El Heraldo

Tabla 2. Niveles de Iluminación CONELEC 008/11 [2]

Clases de Iluminación	TIPO DE APLICACIÓN	
	Iluminancia Horizontal (lx) Referida a nivel de la superficie de uso	
	Promedio	Mínimo
P1	15.00	3.00
P2	10.00	2.00
P3	7.50	1.50
P4	5.00	1.00
P5	3.00	0.60
P6	2.00	0.40

Tabla 3. Niveles de Iluminación RTE 069 INEN [3]

Clase de Iluminación	Iluminancia Horizontal (Luxes)	
	Valor promedio	Valor mínimo
P1	20.0	7.5
P2	10.0	3.0
P3	7.5	1.5
P4	5.0	1.0
P5	3.0	0.6
P6	1.5	0.2
P7	No aplica	No aplica

Además INEN emite la Tabla 4. Para casos de iluminación en zonas conflictivas.

Tabla 4. Clase y Niveles de Iluminación en Zonas Conflictivas RTE 069 INEN [3]

Clasificación	Clase de iluminación	Iluminación promedio (luxes)	Uniformidad general Uo ≥ %
Canchas múltiples recreativas	C0	50	40
Plazas y plazoletas	C1	30	33
Pasos peatonales subterráneos	C1	30	33
Puentes peatonales	C2	20	33
Zonas peatonales baja y aledañas a puentes peatonales y vehiculares	C2	20	33
Andenes, senderos, paseos y alamedas peatonales en parques	C3	15	33
Ciclo-rutas en parques	C2	20	40
Ciclo-rutas, senderos, paseos, alamedas y demás áreas peatonales adyacentes a rondas de ríos, quebradas, humedales, canales y demás áreas distantes de vías vehiculares iluminadas u otro tipo de áreas iluminadas	C4	10	40

Para el cálculo del error se usó la siguiente fórmula:

$$\text{Error (\%)} = \frac{\text{valor teórico} - \text{valor real}}{\text{valor real}} * 100 \quad (1)$$

Tabla 5. Análisis Parque El Heraldo

Iluminación de Área General 1 y 2				
		Ep	Emin	Uo
P (CONELEC)	P4	5.00	1.00	40.00
P (INEN)	P4	5.00	1.00	40.00
Resultado	Área 1	10.03	1.00	9.97
Variación % (real VS teórico)		-50.13	0.00	301.06
Resultado	Área 2	2.81	0.1	3.56
Variación % (real VS teórico)		78.01	900	1023.56
Iluminación de Zonas de Conflicto				
	Resultado	Ep	Uo	
Camineras	C (INEN)	C3	15	33
Canchas	C (INEN)	C0	50	40
Caminera 1			1.47	20.48
	Variación (real VS teórico)		923.89	61.15
Caminera 2			1.21	33.12
	Variación (real VS teórico)		1142.04	-0.37
Caminera 3			3.06	19.62
	Variación (real VS teórico)		390.46	68.21
Caminera 4			9.85	26.41
	Variación (real VS teórico)		52.34	24.97
Caminera 5			5.77	3.47
	Variación (real VS teórico)		160.12	851.50
Caminera 6			3.70	27.03
	Variación (real VS teórico)		-60.41	-24.23
Caminera 7			7.95	10.06
	Variación (real VS teórico)		-84.81	229.14
Caminera 8			0.86	34.69
	Variación (real VS teórico)		253.68	-43.45
Caminera 9			6.71	14.90
	Variación (real VS teórico)		46.70	77.23
Tenis			3.45	8.70
	Variación (real VS teórico)		-100.00	-100.00
T-Compartida			1.48	13.47
	Variación (real VS teórico)		910.53	144.92
Fútbol			1.70	29.38
	Variación (real VS teórico)		781.39	12.32
Mixta			4.75	27.35
	Variación (real VS teórico)		215.55	20.67

Se observó que el parque el Heraldo no cumple con los niveles de uniformidad, ni los niveles promedio y esto se debe a que existen muy pocas luminarias instaladas en el lugar, y parte del flujo luminoso que llega es de los reflectores del Ministerio de Deporte aledaño a este parque.

4. DESARROLLO DE LA PROPUESTA DE NORMA

Es importante indicar que esta propuesta de norma es un complemento a lo que ya se encuentra estipulado en la Regulación del CONELEC 008/11 [2] y la Norma RTE INEN 069 [3].

4.1 Diseño de Iluminación

El diseño de la iluminación está direccionado a áreas específicas que se puede encontrar en zonas recreativas y deportivas de la ciudad de Quito, como pueden ser canchas deportivas, fuentes de agua, etc. A diferencia de criterios y normas que se utilizan actualmente, que define valores y requisitos para un parque en general sin importar su arquitectura.

- a) *Instalación de Luminarias:* Si bien no es posible especificar la disposición de luminarias en áreas recreativas, dado que tanto arquitectónica, como estructuralmente, han sido concebidas desde diversos puntos de vista, se recomienda que cada una cubra cierta área ofreciendo niveles de iluminación óptimos para el desarrollo de cada actividad.
- b) *Instalación de Luminarias Empotradas en el Suelo:* Para la instalación de ese tipo de luminarias, el proyectista debe conocer la forma adecuada de realizarla. Se sabe que en caso de ir empotradas en suelo sólido como el concreto debe estar al mismo nivel, caso contrario en jardines debe estar sobre el nivel del piso evitando así el ingreso de elementos externos que afecten el funcionamiento de la lámpara.
- c) *Espacio – Ambiente:* En zonas donde predomine la presencia de árboles, se recomienda tener especial cuidado en la instalación de luminarias, pues los mismos obstruyen el flujo luminoso; impidiendo que se alcancen los niveles de iluminancia considerados en el diseño.
- d) *Clases de Iluminación Según las Características de Zonas Recreativas y Deportivas:* Los niveles de iluminancia promedio están relacionados con las características más usuales que se puede encontrar en las zonas recreativas y deportivas de la ciudad de Quito.

NOTA: Para el caso de áreas verdes se puede considerar como parámetro el mismo de las áreas de descanso. Aunque su análisis es muy relativo, ya que puede existir afectación de la arboleda, montículos, césped de varios tamaños y otros aspectos que actúan en la decisión de ubicación de la luminaria y el valor de iluminancia respectivo.

Tabla 6. Niveles de Iluminación en Zonas Recreativas

Clasificación	Iluminancia promedio Ep (luxes)	Uniformidad General Uo (%)
Canchas deportivas	50	45
Bulevar	60	45
Piletas o fuentes de agua (incluido senderos y bancas adyacentes), estatuas	40	40
Andenes y camineras	30	40
Ciclovías en parques	30	40
Área juegos infantiles	30	40
Área gimnasio municipal	30	40
Área de descanso	25	40

Por requerimientos de la regulación del CONELEC 008/11, los niveles de uniformidad general deben superar el 40%, consecuentemente, en nuestra propuesta, algunos de los valores asignados se exige una uniformidad general superior al 45%.

Los valores de iluminancia promedio y de uniformidad general asignados a cada clasificación, como se muestra en la tabla 6, se concluyeron en base al análisis previo y en conjunto con criterios obtenidos de normas como CIE, NTC 900, IES, INEN 069 y CONELEC 008/11.

4.2 Medición de Iluminancia

- a) *Canchas Deportivas y Bulevares:* Es necesario definir el área que limita el bulevar o la cancha, en distancia longitudinalmente (S) y su ancho (a). En el caso de bulevares con una distancia longitudinal (S) que exceda los 50m, se puede dividir en tramos obteniendo varias matrices de medición. Subdividir el área en cuadrados, cuyos centros serán los puntos de medida, deben estar espaciados uniformemente como define la CIE 140. A continuación la Fig. 4 y Fig. 5.

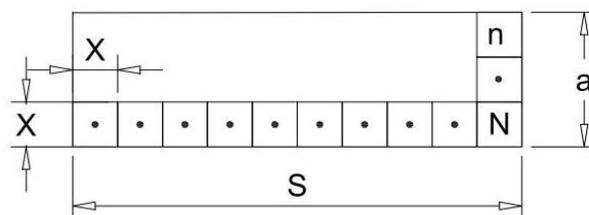


Figura 4. Puntos de medidas en bulevares

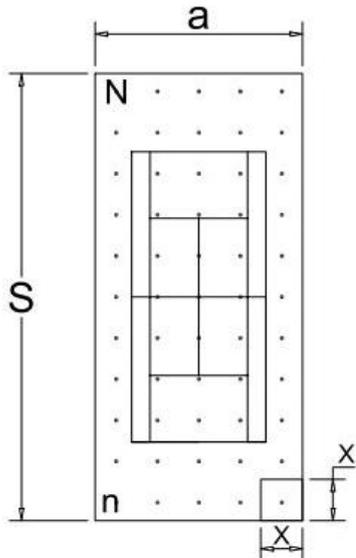


Figura 5. Puntos de medidas en Canchas

$$N = \frac{S}{X} \quad (2)$$

$$n = \frac{a}{X} \quad (3)$$

Donde:

N y n son números enteros.

El lado del cuadrado (X) no debe superar los 5m, porque la distancia entre un punto de medición y otro es muy alta, perdiendo la uniformidad de flujo luminoso que llega a la superficie a iluminar. Conjuntamente debe ser mayor a 1m, porque en áreas muy extensas se poseerá un número alto de puntos de medición, en el cual su iluminancia promedio (Ep) no tendrá una diferencia considerable con un valor de lado del cuadrado (X) mayor que 1m.

- b) *Piletas y Estatuas*: Es necesario definir el radio (R) que parte desde el centro de la estructura hasta el sendero que lo rodea. La división de la circunferencia puede ser en 8 partes, formando un ángulo de 45° entre ellos a); o en 6 partes, formando un ángulo de 60° entre ellos b). Se elige la opción que más se acople a la estructura. El punto de medición sería en cada una de las partes. Si se ve necesario, por el espaciamiento entre las partes, se puede realizar dos puntos de medición por parte. Además realizar mediciones en cada uno de los senderos adyacentes c). A continuación la Fig. 6, Fig. 7 y Fig. 8.

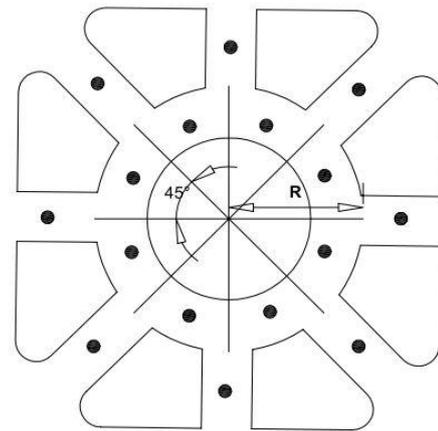


Figura 6. Puntos de medidas en Piletas y Estatuas a)

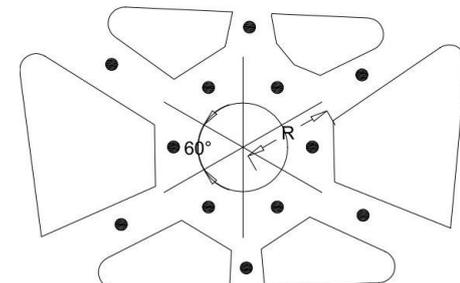


Figura 7. Puntos de medidas en Piletas y Estatuas b)

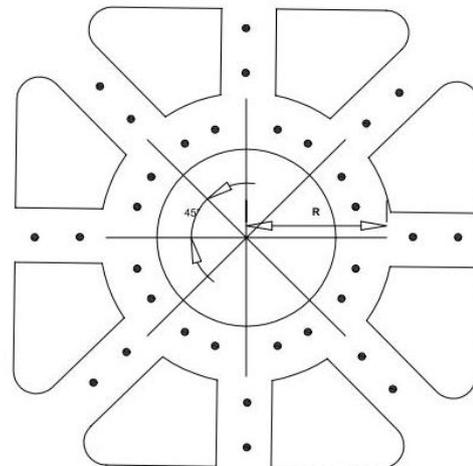


Figura 8. Puntos de medidas en Piletas y Estatuas c)

- c) *Andenes, Camineras y Ciclovías en Parques*: Está limitado por un ancho menor a 4m, solo se establece un punto de medición en la dirección transversal. En la dirección longitudinal se divide en puntos de medición de misma distancia, de tal manera que sea mayor a 1m entre los puntos pero sin exceder los 5m. Si el ancho es mayor a 5m, se agrega una columna más de puntos de medición en la dirección transversal. A continuación la Fig. 9.

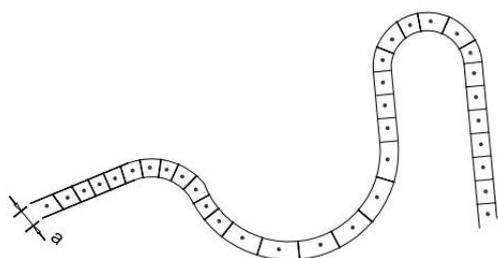


Figura 9. Puntos de medidas en Andenes, Camineras y Ciclovías

d) *Área de Juegos Infantiles, de Descanso, Verde y Gimnasio Municipal:* Estas áreas si bien no poseen una estructura regular desde el punto de vista geométrico, dado que cada una ha sido concebida según el diseñador, su procedimiento de medición es similar al expuesto en Canchas y Bulevares, pero se debe tomar en consideración que la matriz abarque el número de puntos necesario para comprender el área. A continuación la Fig. 10.

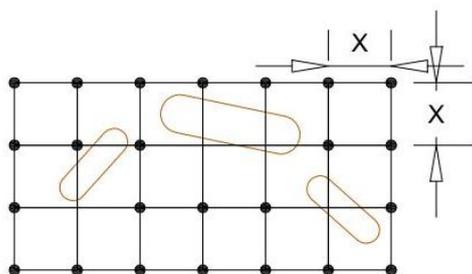


Figura 10. Puntos de medidas en Gimnasios, Juegos Infantiles y Áreas de Descanso

4.3 Mantenimiento

El mantenimiento de los proyectos de iluminación, permite mantener la calidad del flujo luminoso de las lámparas y disminuir la degradación de la estructura de las luminarias.

En el diseño de alumbrado ornamental se puede obtener el factor de mantenimiento dado que se puede predecir el comportamiento de las luminarias cuando está expuesto a ciertas circunstancias que degradan su desempeño normal.

a) *Factor de Mantenimiento:* El siguiente factor de mantenimiento corresponde a un factor en general es decir de la instalación completa.

$$FM = \frac{E_{servicio}}{E_{inicial}} = \frac{E}{E_i} \quad (4)$$

Donde:

$E_{servicio}$: Iluminancia media luego de un determinado periodo de la puesta en servicio.

$E_{inicial}$: Iluminancia media inicial

Mientras que el siguiente factor le corresponde a cada una de las luminarias:

$$FM = FDFL \cdot FSL \cdot FDLU \quad (5)$$

Donde:

FDFL: Factor de depreciación del flujo luminoso de la lámpara.

FSL: Factor de supervivencia de la lámpara.

FDLU: Factor de depreciación de la luminaria.

Es decir que este factor dependerá de cada tipo de lámpara, de su grado de supervivencia, flujo luminoso, entorno entre otros que afecten a su adecuado funcionamiento y aceleren su depreciación. Estos factores serán menores a 1, por lo general cercanos a la unidad, asegurando así una baja frecuencia de mantenimiento.

b) *Frecuencia de Mantenimiento y Registros:* Es obligación de la entidad responsable de la iluminación de parques y zonas de áreas recreativas, realizar el mantenimiento de luminarias y reposición de lámparas, en el tiempo correspondiente al factor de mantenimiento obtenido.

La persona encargada de realizar los estudios previos al mantenimiento, deberá llevar un registro de las operaciones realizadas, así como la fecha de ejecución. En el registro deberán constar todos los datos que permitan conocer el estado de la instalación en cuanto a eficiencia energética y seguridad ciudadana. La entidad competente, será la encargada de procesar esta información con el fin de tener un control en cuanto al mantenimiento de las instalaciones.

4.4 Eficiencia Energética

a) *Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado:* Para el cálculo de la eficiencia energética de una instalación se aplicará la siguiente expresión contemplada en la Instrucción Técnica Complementaria EA-01[4], misma que ayuda a establecer el estado de dicha instalación.

$$\varepsilon = \frac{S \cdot E_p}{P} \quad [5] \quad (6)$$

Donde:

ε : Eficiencia energética de la instalación de alumbrado exterior ($m^2 \cdot lux/W$)

P: Potencia activa total instalada (lámparas y equipos auxiliares) (W);

S: Superficie iluminada (m^2);

E_p : Iluminancia promedio en servicio de la instalación, considerando el mantenimiento previsto (lux);

La potencia (P) corresponde a la de todas las luminarias, que comprende la superficie de cálculo y esta se contabilizara solo al 50% en zonas regulares y para zonas irregulares se considera el total de la potencia.

b) *Requisitos Mínimos de Eficacia Energética en Instalación de Alumbrado de Zonas Recreativas y Deportivas:* Los valores fijados de eficiencia energética para zonas recreativas y deportivas son:

Tabla 7. Requisitos Mínimos de Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado en Zonas Recreativas y Deportivas [5]

Iluminancia media en servicio Ep (lx)	EFICIENCIA ENERGÉTICA MÍNIMA
	$\frac{m^2 \cdot lx}{W}$
≥20	9
15	7.5
10	6
7.5	5
≤5	3.5

Nota - Para valores de iluminancia media proyectada comprendidos entre los valores indicados en la tabla, la eficiencia energética de referencia se obtendrán por interpolación lineal

Criterios:

- Los niveles de iluminación, para cumplir parámetros de eficiencia energética, no deben exceder en un 20% a los establecidos en la Tabla 6, caso contrario debe justificarse.
- Realizar un control periódico del consumo de energía y pérdidas habituales y anómalas, para que posteriormente se realicen correcciones.
- Llevar un registro actual y minucioso, que contemple todos los aspectos que permita llevar un control de la eficiencia energética y el manejo posterior de modificación o sustitución de luminarias.
- Realizar auditorías energéticas a las instalaciones de alumbrado de zonas recreativas y deportivas. Consecutivamente efectuar un plan de correcciones, con un seguimiento de las fallas y de su eficacia energética.

5. ESTUDIO TÉCNICO-ECONÓMICO

5.1 Estudio Técnico

Se realiza un análisis comparativo entre las lámparas de sodio de 250W de alta presión, de halogenuros metálicos de 250W; y lámpara LED de 180W.

Se realizó el diseño del parque El Heraldo que permitió comparar los aspectos económicos que se obtendría al aplicar la propuesta de norma y que abarcó el uso de nuevas tecnologías. Se utilizó lámparas tipo LED de la empresa Schreder.

Tabla 8. Comparación entre lámparas de Na de Alta Presión, HM y LED [6]

Característica	Sodio AP	LED	Halogenuros Metálicos
Eficacia Luminosa (promedio) (lm/W)	50-120	80-130	90
Factor de potencia	0.92	0.99	0.92
Vida útil (horas)	28000	100000	10000
Temperatura de color (K)	2000	4000	4000-5000
Tiempo de encendido (min)	2-3	Instantáneo	2-3
CRI (%)	20	75	70
Contenido de mercurio (mg)	>10-50	Ninguno	>10-50
Parpadeo	Medio	Ninguno	Medio
Brillo	Mucho	Ninguno	Alto
Depreciación Lumínica-8000 horas (8%)	8	20 (45000h)	20
Distorsión armónica total V (%)	<35	<10	<35

Tabla 9. Luminarias para la propuesta de diseño en el parque El Heraldo.

CÓDIGO	ESPECIFICACIÓN	CANT
YOAMI48/52 N	Luminaria YOA Midi 48 LED / 500 mA (52W) N	11
AMPMI48/77 W	Luminaria AMPERA Midi 48 LED / 500 mA (70W) W	4
AMPMI64/90 N	Luminaria AMPERA Midi 64 LED / 500 mA (99W) N	5

La ubicación de las lámparas busca conseguir los niveles de iluminancia promedio y de uniformidad general propuestos en la normativa, buscando la mayor optimización de flujo luminoso y de ahorro energético.

El diseño propuesto se observa en la Fig.11 y los niveles de iluminación en la Fig. 12, estas dos figuras son obtenidas de software Ulysse v2.3., dicho programa fue suministrado por la Empresa Schreder.

5.1 Estudio Económico

En costos de proyecto incluye el costo de construcción, el costo de mantenimiento de alumbrado público y el costo de las luminarias, dicha información fue proporcionada por Schreder.

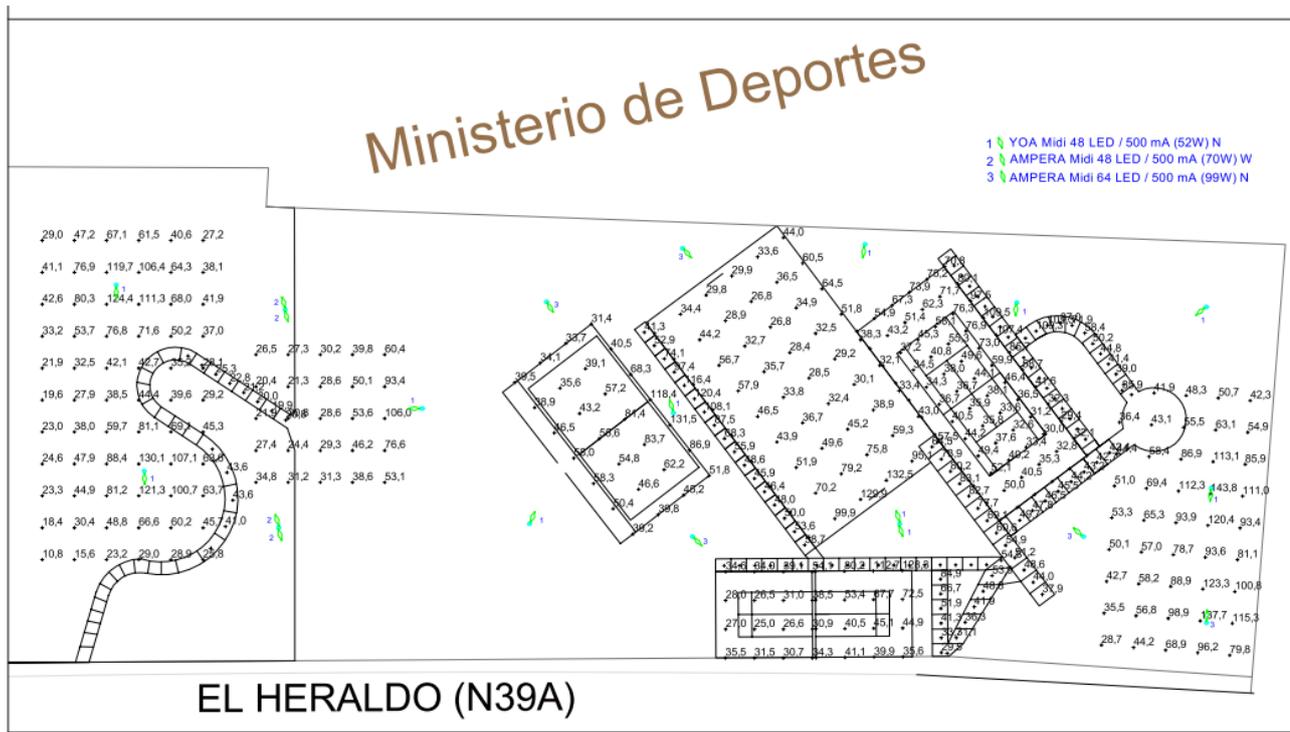


Figura 11. Matrices de Intensidades del Parque El Heraldo Propuesto
Fuente: Ulysse v2.3.

Resumen sobre las mallas

Tipo de media: Aritmética (A) o Ponderada (P)

Futbol (1)	Min	Máx	Med (A)	Min/Máx	Min/Med
Iluminancia (lux)	26,8	132,6	51,9	20,2	51,6
Basquet (2)	Min	Máx	Med (A)	Min/Máx	Min/Med
Iluminancia (lux)	31,4	131,4	56,0	23,9	56,1
Tenis compartida (3)	Min	Máx	Med (A)	Min/Máx	Min/Med
Iluminancia (lux)	25,2	54,3	33,4	46,3	75,5
Tenis compartida (4)	Min	Máx	Med (A)	Min/Máx	Min/Med
Iluminancia (lux)	31,7	128,3	57,8	24,7	54,8
Tenis (5)	Min	Máx	Med (A)	Min/Máx	Min/Med
Iluminancia (lux)	29,4	109,4	50,4	26,9	58,3
General 1 (6)	Min	Máx	Med (A)	Min/Máx	Min/Med
Iluminancia (lux)	10,8	130,1	53,5	8,3	20,3
General 2 (7)	Min	Máx	Med (A)	Min/Máx	Min/Med
Iluminancia (lux)	28,7	143,8	73,6	20,0	39,0
C_futbol (8)	Min	Máx	Med (A)	Min/Máx	Min/Med
Iluminancia (lux)	41,3	120,3	69,0	34,3	59,9
C_tenis (9)	Min	Máx	Med (A)	Min/Máx	Min/Med
Iluminancia (lux)	29,6	124,8	72,1	23,7	41,1
C_tenis (10)	Min	Máx	Med (A)	Min/Máx	Min/Med
Iluminancia (lux)	42,4	49,7	45,2	85,3	93,7
C_futtenis (11)	Min	Máx	Med (A)	Min/Máx	Min/Med
Iluminancia (lux)	37,9	83,1	63,7	45,6	59,5
C_tenis compartido (12)	Min	Máx	Med (A)	Min/Máx	Min/Med
Iluminancia (lux)	36,5	139,9	79,3	26,1	46,0
C_tenis compartido (13)	Min	Máx	Med (A)	Min/Máx	Min/Med
Iluminancia (lux)	29,5	84,9	51,4	34,8	57,5
C_general2 (14)	Min	Máx	Med (A)	Min/Máx	Min/Med
Iluminancia (lux)	28,1	54,8	42,1	51,2	66,6
C_redonde1 (15)	Min	Máx	Med (A)	Min/Máx	Min/Med
Iluminancia (lux)	36,7	50,2	41,6	73,2	88,3
C_redonde1 (20)	Min	Máx	Med (A)	Min/Máx	Min/Med
Iluminancia (lux)	108,4	109,3	108,8	99,2	99,6
C_general1 (21)	Min	Máx	Med (A)	Min/Máx	Min/Med
Iluminancia (lux)	19,9	33,9	24,1	58,6	82,6
Area juegos (27)	Min	Máx	Med (A)	Min/Máx	Min/Med
Iluminancia (lux)	20,4	106,0	40,9	19,3	50,0

Figura 12. Resultados de la Propuesta de Diseño del Parque El Heraldo
Fuente: Ulysse v2.3.

En lo que corresponde a niveles de uniformidad todos son iguales o mayores a los valores fijados en la propuesta de norma lo que demuestra que cumple los parámetros, mientras que, en los referente a iluminancia promedio se cumple el valor fijado en la tabla que este no debe ser superior ya que indicaría deslumbramiento y contaminación lumínica.

Además se incluye el área de juegos infantiles. A continuación la Fig. 13.

COSTOS DE PROYECTO					
1. MANO DE OBRA					
1.1. CONSTRUCCIÓN RED ALUMBRADO					\$ TOTAL
GRUPO TRABAJO ALUMBRADO PÚBLICO					\$ 266.08
1.2 MANTENIMIENTO DE ALUMBRADO PÚBLICO			MANTENIMIENTO AP:		\$ 0.00
PARCIAL 1: CONSTRUCCIÓN AP + MANTENIMIENTO DE AP:					\$ 266.08
				IVA 12%:	\$ 31.93
TOTAL MANO DE OBRA:					\$ 298.01
2. MATERIALES					
CODIGO	ESPECIFICACIÓN	UNIDAD	CANT	\$ UNITARIO	\$ TOTAL
YOAM48/52 N	Luminaria YOA Midi 48 LED / 500 mA (52W) N	UNIDAD	11	\$ 1.700,00	\$ 18.700,00
AMP48/77 W	Luminaria AMPERA Midi 48 LED / 500 mA (70W) W	UNIDAD	4	\$ 1.250,00	\$ 5.000,00
AMP64/90 N	Luminaria AMPERA Midi 64 LED / 500 mA (99W) N	UNIDAD	5	\$ 1.400,00	\$ 7.000,00
					\$ 0.00
					\$ 0.00
PARCIAL 2:					\$ 30.700.00
				IVA 12%:	\$ 3.684.00
TOTAL MATERIALES:					\$ 34.384.00
TOTAL PROYECTO:					\$ 34.682.01

Figura 13. Costo del Proyecto de la Propuesta de Diseño del Parque El Heraldo

El análisis financiero es de 20 años, por el tiempo de vida de las luminarias. La tasa de descuento es la que aplica la EEQ. Los resultados se miden por los indicadores financieros.

NOTA: La evaluación económica de la inversión se realiza bajo los procedimientos que elabora la EEQ al momento de analizar la viabilidad de un proyecto.

Los principales beneficios económicos presentan en el ahorro de energía. A continuación la Fig. 14, Fig. 15 y Fig. 16.

LUMINARIAS EXISTENTES EN EL PARQUE EL HERALDO A SER REEMPLAZADAS	
CARACTERÍSTICAS	SODIO ALTA PRESION
POTENCIA DE LUMINARIA (W)	250
CONSUMO PROPIO (W)	30
CANTIDAD	12
POTENCIA INSTALADA (Kw)	3.36
ENERGÍA CONSUMIDA (Kwh/año)	14716,8
COSTO	0,07
COSTO DE ENERGÍA (USD/año)	1.030,18

LUMINARIAS TIPO LED QUE REEMPLAZARÁN EN EL PARQUE EL HERALDO			
CÓDIGO	LED		
	YOAM48/52 N	AMP48/77 W	AMP64/90 N
TIPO DE LUMINARIA (W)	52	77	90
CONSUMO PROPIO (W)	2,08	3,08	3,6
CANTIDAD	11	4	5
POTENCIA INSTALADA (KW)	0,59	0,32	0,47
ENERGÍA CONSUMIDA (Kwh/año)	2605,6	1403,0	2049,8
COSTO Kwh (USD)	0,07	0,07	0,07
COSTO DE LA ENERGÍA USD/año	182,39	98,21	143,49
COSTO DE ENERGÍA (USD/año)	424,09		

BENEFICIOS QUE SE OBTIENEN CON LA INSTALACIÓN DE LUMINARIAS LEDS	
AHORRO EN EL CONSUMO DE ENERGÍA	USD/AÑO 606,09

Figura 14. Beneficios Económicos de la Propuesta de Diseño del Parque El Heraldo

PRESUPUESTO Y PROYECCIÓN						
NOMBRE DEL PROYECTO		NUEVO DISEÑO DE ILUMINACIÓN DEL PARQUE EL HERALDO				
FECHA DE ELABORACIÓN		11/03/2015				
INVERSIÓN						
COSTOS DE PROYECTO		\$ 34.682,01				
TOTAL		\$ 34.682,01				
TASA DE DESCUENTO		10%				
AÑOS	INVERSIÓN Y COSTOS (USD)	INGRESOS Y AHORROS (USD)				DIFERENCIA INGRESOS-INVERSIÓN [FFN]
		REDUCCIÓN DEL CONSUMO DE ENERGÍA [c]	AHORRO POR MANTENIMIENTO [d]	COSTO RESIDUAL DE LUMINARIAS [e]	TOTAL INGRESOS [c+d+e]	
0	34.682,01	0,00	0,00	0,00	0,00	-34682,01
1		606,09	0,00	0,00	606,09	606,09
2		1.212,17	240,00	0,00	1.452,17	1452,17
3		2.424,35	480,00	0,00	2.904,35	2904,35
4		3.636,52	720,00	0,00	4.356,52	4356,52
5		4.848,70	960,00	0,00	5.808,70	5808,70
6		6.060,87	1.200,00	0,00	7.260,87	7260,87
7		7.273,04	1.440,00	0,00	8.713,04	8713,04
8		8.485,22	1.680,00	0,00	10.165,22	10165,22
9		9.697,39	1.920,00	0,00	11.617,39	11617,39
10		10.909,56	2.160,00	0,00	13.069,56	13069,56
11		12.121,74	2.400,00	0,00	14.521,74	14521,74
12		13.333,91	2.640,00	0,00	15.973,91	15973,91
13		14.546,09	2.880,00	0,00	17.426,09	17426,09
14		15.758,26	3.120,00	0,00	18.878,26	18878,26
15		16.970,43	3.360,00	0,00	20.330,43	20330,43
16		18.182,61	3.600,00	0,00	21.782,61	21782,61
17		19.394,78	3.840,00	0,00	23.234,78	23234,78
18		20.606,95	4.080,00	0,00	24.686,95	24686,95
19		21.819,13	4.320,00	0,00	26.139,13	26139,13
20		23.031,30	4.560,00	0,00	27.591,30	27591,30
VAN	34.682,01	67.713,79	13.297,66	0,00	81.011,45	46.329,44

* FFN: Flujo de Fondos Neto

Figura 15. Análisis de Fondo de Flujos Netos de la Propuesta de Diseño del Parque El Heraldo en base a los procedimientos de la EEQ [6]

INDICADOR FINANCIERO				
	VAN	TIR	TUR	B/C
PROYECTO	\$ 46.329,44	19,03%	14,77%	2,34
INDIFERENTE	VAN=0	TIR=d	TUR=d	B/C=1
VIABLE	VAN>0	TIR>d	TUR>d	B/C>1
NO VIABLE	VAN<0	TIR<d	TUR<d	VAN<0
TRI	11 AÑOS			

Figura 16. Indicadores Financieros de la Viabilidad del Proyecto de la Propuesta de Diseño del Parque El Heraldo

Los indicadores financieros muestra la viabilidad del proyecto, donde en el balance final se analiza en VAN del Flujo de Fondos Neto. Por ser un proyecto sin fines de lucro, los beneficios que se obtienen son ahorros por gastos de la EEQ en mantenimiento, restitución de lámparas, y gastos

administrativos. Tiempo de recuperación según varios textos, se lo puede calcular por dos métodos, ya sea por los Flujo de Fondos Netos acumulados en cada año, o por el valor acumulado de cada uno de FFN llevado al valor presente. Sin embargo en el peor de los casos el tiempo de recuperación de la inversión es a los 11 años.

6. CONCLUSIONES

Los resultados que se obtuvieron de las mediciones de iluminación en el parque El Heraldo no cumple con los niveles de uniformidad media, y en algunas zonas solo cumple los niveles promedios de iluminación.

Los diseños de iluminación en zonas recreativas y deportivas conlleva el analizar detalles de los lugares como son iluminación aleadaña, ubicación de árboles y de elementos como juegos infantiles, camineras y senderos entre otros.

Los resultados obtenidos en el estudio técnico-económico reflejan claramente las ventajas y la viabilidad de realizar un diseño basado en la propuesta de norma, que además de ser eficiente cumple con los niveles de iluminación propuestos y muestra beneficios económicos. Se puede obtener un valor agregado como el turismo, la seguridad y la comodidad de los usuarios.

RECONOCIMIENTOS

A los ingenieros Edwin Recalde de la Empresa Eléctrica Quito, Susana Varela y Carlos Pérez del Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables y a Julio Castillo Gerente de Schreder en Quito.

REFERENCIAS

- [1] MINISTERIO DE ELECTRICIDAD Y ENERGÍA RENOVABLE MEER, Dirección de Eficiencia Energética: Eficiencia Energética en el Sector Público. [Online]. Available: <http://www.energia.gov.ec/eficiencia-energetica-en-el-sector-publico/>
- [2] INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN (INEN), *Reglamento Técnico Ecuatoriano (RTE) 069*, Quito, Pichincha: INEN, 2011.
- [3] CONSEJO NACIONAL DE ELECTRICIDAD (CONELEC), *Regulación No. CONELEC 008/11*, Quito, Pichincha: CONELEC, 2011, pp. 10-11.
- [4] S. Olarte, M. Granja y J. Serrano, «Proyecto de Investigación de un Sistema Híbrido para una Bicicleta de Montaña.» *Revista Politécnica*, vol. 32, n° 1, p. 27, 2013.
- [5] MINISTERIO DE INDUSTRIA, ENERGÍA Y TURISMO, «Guías de Reglamento de Eficiencia Energética en Instalación de Alumbrado Exterior - España.» Mayo 2013. [En línea]. Available: www.f2i2.net/legislacionseguridadindustrial/REEAE_Guias.aspx. [Último acceso: 25 Febrero 2015].
- [6] E. RECALDE, Jefe del Departamento de Alumbrado Público de la EEQ, Interviewee, *Tabla comparativa de tipos de lámparas*. [Entrevista]. 4 Marzo 2015.