



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

Programa Único de Especializaciones de Ingeniería, PUEI

**DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN
EN ÁREAS DE RECUPERACIÓN DE UN HOSPITAL DE TERCER NIVEL**

Tesina para obtener el grado de especialidad en Ahorro
y Uso Eficiente de la Energía

presentado por

Juan Manuel Neria Martínez

Matrícula: 302327829

DIRECTOR DE TESINA

Dr. Carlos Chávez Baeza



Ciudad de México, diciembre de 2018.

DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN EN ÁREAS DE RECUPERACIÓN DE UN HOSPITAL DE TERCER NIVEL

Contenido

Introducción.....	1
Capítulo I. Marco contextual.....	3
1.1. Descripción de los hospitales.....	3
1.2. Planteamiento del problema.....	3
1.3. Justificación del proyecto.....	4
1.4. Objetivo general.....	4
1.5. Objetivos específicos.....	4
Capítulo II. Marco teórico conceptual.....	5
2.1. Confort visual, NOM-025-STPS-2008.....	5
2.2. Recomendaciones internacionales.....	5
2.2.1. Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación. Hospitales y Centros de Atención Primaria (España).....	6
2.2.2. ISO 8995/CIE, Norma Cubana. Iluminación de puestos de trabajo en interiores.....	6
2.3. Eficiencia energética en iluminación, NOM-007-ENER-2014.....	7
Capítulo III. Análisis de la situación actual.....	9
3.1. Descripción del inmueble.....	9
3.2. Facturación y consumo eléctrico.....	10
3.3. Sistema de iluminación.....	16
3.4. Censo tecnológico.....	16
3.5. Mecanismos de control de luz general y locales (cabecera).....	19
Capítulo IV. Metodología o Desarrollo metodológico.....	20
4.1. Medición de los niveles de iluminación, NOM-025-STPS-2008.....	20
4.2. Método de IESNA.....	21
Capítulo V. Evaluación del cumplimiento normativo.....	23
5.1. Evaluación de la NOM-007-ENER-2014.....	23
5.2. Evaluación de la NOM-025-STPS-2008.....	25
Capítulo VI. Propuestas de mejora energética y lumínica.....	27

6.1. Ficha técnica Operativa: Aprovechamiento de la luz natural	27
6.2. Ficha técnica De control: Sensores de movimiento	29
6.3. Ficha técnica Tecnológica: Iluminación LED	29
Conclusiones y recomendaciones	32
Referencias bibliográficas	33
Anexo 1. Mediciones de los niveles de iluminación por área	34
Anexo 2. Especificaciones técnicas de lámparas.....	36

Introducción

Los hospitales, como centros de servicio a la salud, requieren de una iluminación adecuada favoreciendo con ello el desarrollo de las actividades de cada uno de los agentes que ahí trabajan, de igual manera deben representar un lugar de confort para los pacientes y sus familiares.

La iluminación adecuada se correlaciona a las actividades que ahí se desarrollan, siendo espacios como: quirófanos, laboratorios, urgencias y salas de rehabilitación áreas que al representar una actividad visual elevada necesitan una iluminación específica, actualmente esta valoración se establece a partir de la NOM-007-ENER-2014 y la NOM-025-STPS-2008.

En este sentido, el objetivo general planteado en el Marco Contextual (capítulo 1), se establece evaluar el sistema de iluminación de las áreas de recuperación de un hospital de tercer nivel a fin de determinar los potenciales de ahorro de energía tomando en cuenta los requerimientos normativos de confort visual y eficiencia energética.

En el marco teórico conceptual (capítulo 2), se establecen las bases normativas para los sistemas de iluminación, en donde se valora la eficiencia lumínica a través de la NOM-007-ENER-2014, Eficiencia energética para sistemas de alumbrado en edificios no residenciales, así como los requerimientos de confort visual establecidos en la NOM-025-STPS-2008.

Adicionalmente, en este trabajo se toma como referencia la Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación para Hospitales y Centros de Atención Primaria de España. El objeto de esta guía técnica es establecer una serie de pautas y recomendaciones para ayudar a los técnicos responsables de proyectar o redactar especificaciones técnicas de las instalaciones de iluminación de hospitales y otros centros relacionados con la salud, en su tarea de establecer los criterios de calidad a satisfacer en las mismas, seleccionando los sistemas de iluminación, luminarias, lámparas, equipos auxiliares de encendido y sistemas de regulación y control, así como los criterios básicos de diseño de dichas instalaciones, con la finalidad de:

- Cumplir con las recomendaciones de calidad y confort visual.
- Crear ambientes agradables y confortables para los usuarios de las instalaciones.
- Racionalizar el uso de la energía con instalaciones de la mayor eficiencia energética posible

En el capítulo 3, análisis de la situación actual, se establecen las condiciones en las que se encuentra el hospital y las características de cada área que lo conforman; así como, el análisis de la facturación eléctrica y el censo tecnológico de iluminación.

En la metodología o desarrollo metodológico, capítulo 4, se establece el procedimiento realizado para la medición de los niveles de iluminación, ya sea por el método Índice de Cuarto (IC) o IESNA, dependiendo de las diferentes áreas que conforman al hospital.

En el capítulo 5, evaluación del cumplimiento normativo, se evalúan los resultados obtenidos tanto en las mediciones de los niveles de iluminación como el indicar de DPEA, para así compararlos con los valores que nos indica cada norma y poder decir si las áreas del hospital cumplen con las normativas o ver que tanto se desvían de los parámetros de referencia de cada norma.

En la Propuesta de la mejora energética y lumínica, capítulo 6, se evalúan básicamente dos alternativas de ahorro: medidas operativas y medidas tecnológicas. En el caso de las medidas operativas se busca aprovechar la luz natural y en las medidas tecnológicas, se establece un comparativo entre las tecnologías T8 y LED, en donde se evalúa la rentabilidad de la mejora energética que se puede obtener por la sustitución de las lámparas existentes T8 por lámparas LED; principalmente, en zonas donde se obtuvo altos niveles de iluminación.

Capítulo I. Marco contextual

Se ha determinado que las diferentes áreas que conforman un hospital requieren de una iluminación distinta. La iluminación adecuada se correlaciona a las actividades que ahí se desarrollan, siendo espacios como: quirófanos, laboratorios, urgencias y salas de rehabilitación áreas que al representar una actividad visual elevada necesitan una iluminación específica, actualmente esta valoración se establece a partir de la NOM-007-ENER-2014 y la NOM-025-STPS-2008.

Las áreas de recuperación al requerir solo de una actividad visual normal pueden pasar desapercibidas durante las actualizaciones del sistema de iluminación, sin embargo, son estas áreas donde el paciente y sus familiares pasan la mayor parte del tiempo, por lo que garantizar una iluminación eficiente y confortable es necesario.

1.1. Descripción de los hospitales

Determinar los niveles de confort lumínico requeridos para cada actividad realizada a lo largo del día en las áreas de recuperación, tanto para el paciente como para los médicos.

En el área de recuperación deben de contar con distintos tipos de iluminación ya que debe tener cierto confort para el paciente, pero también debe tener suficiente iluminación para los médicos en servicio. a continuación, se describe los luxes mínimos.

1.2. Planteamiento del problema

Los hospitales, como centros de servicio a la salud, requieren de una iluminación adecuada favoreciendo con ello el desarrollo de las actividades de cada uno de los agentes que ahí trabajan, de igual manera deben representar un lugar de confort para los pacientes y sus familiares.

Las áreas de recuperación requieren cumplir con requisitos mínimos de iluminación, garantizando con ello la seguridad y el confort visual. Actualmente el hospital en estudio ha modificado y renovado tecnológicamente el sistema de iluminación en algunos puntos de su construcción; sin embargo, aún existen áreas con tecnología obsoleta, siendo algunas de ellas, las áreas de recuperación, por lo que resulta conveniente la realización de un diagnóstico específico del sistema de iluminación en estas áreas en donde se tome en cuenta adicionalmente las normas de eficiencia energética.

1.3. Justificación del proyecto

Dado a que el hospital cuenta con tecnología obsoleta o de rezago, es por este motivo que se propone de un diagnóstico de iluminación para constatar que el inmueble cumple con los requisitos de las normas NOM-025-STPS-2008 y la NOM-007-ENER-2014, si no se llegaron a cumplir con dichos requisitos se propondrán algunas recomendaciones de mejora para estar dentro de las normas antes mencionadas.

1.4. Objetivo general

Evaluar el sistema de iluminación de las áreas de recuperación de un hospital de tercer nivel a fin de determinar los potenciales de ahorro de energía tomando en cuenta los requerimientos normativos de confort visual y eficiencia energética.

1.5. Objetivos específicos

- Tipificar los diferentes niveles de iluminación correspondientes a cada tipo de actividad realizada en las áreas de recuperación, con base en la normatividad mexicana o estándares internacionales, en caso de no existir nacionales.
- Determinar el grado de cumplimiento del confort visual y la eficiencia energética.
- Identificar y cuantificar las diferentes tecnologías de iluminación existentes en las áreas de recuperación.
- Identificar y cuantificar las posibles oportunidades de ahorro de energía en el sistema de iluminación.

Capítulo II. Marco teórico conceptual

2.1. Confort visual, NOM-025-STPS-2008

Esta norma nos indica los requerimientos de iluminación en las áreas de los centros de trabajo, para que se cuente con la cantidad de iluminación requerida para cada actividad visual, a fin de proveer un ambiente seguro y saludable en la realización de las tareas que desarrollen los trabajadores.

Tabla 2.1. Niveles de iluminación

Tarea Visual del Puesto de Trabajo	Area de Trabajo	Niveles Mínimos de Iluminación (luxes)
En exteriores: distinguir el área de tránsito, desplazarse caminando, vigilancia, movimiento de vehículos.	Exteriores generales: patios y estacionamientos.	20
En interiores: distinguir el área de tránsito, desplazarse caminando, vigilancia, movimiento de vehículos.	Interiores generales: almacenes de poco movimiento, pasillos, escaleras, estacionamientos cubiertos, labores en minas subterráneas, iluminación de emergencia.	50
En interiores.	Áreas de circulación y pasillos; salas de espera; salas de descanso; cuartos de almacén; plataformas; cuartos de calderas.	100
Requerimiento visual simple: inspección visual, recuento de piezas, trabajo en banco y máquina.	Servicios al personal: almacenaje rudo, recepción y despacho, casetas de vigilancia, cuartos de compresores y pailería.	200

Fuente: NORMA Oficial Mexicana NOM-025-STPS-2008, Condiciones de iluminación en los centros de trabajo. Niveles de iluminación

De acuerdo con la Tabla 2.1, los niveles de iluminación el área de recuperación debe tener un mínimo de 100 luxes. Esto para que el paciente tenga una sensación de confort.

2.2. Recomendaciones internacionales

Existen otras normas internacionales y guías de iluminación, las cuales tienen recomendaciones de niveles de iluminación para los hospitales, en este caso la sala de recuperación.

2.2.1. Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación. Hospitales y Centros de Atención Primaria (España)

Las salas anexas a los quirófanos, como salas de recuperación, de anestesia, o de esterilización deben tener al menos 500 lux para evitar problemas de adaptación. El tono de luz y el nivel de reproducción cromática debe ser el mismo que en los quirófanos. En las salas de recuperación de la anestesia, se debe disponer de un sistema de regulación que permita adaptar al enfermo de forma paulatina desde el nivel del quirófano, a un nivel de reposo de 100 lux.

Tabla 2.2. Parámetros recomendados de iluminación, España

Parámetros recomendados para quirófanos					
Tipo de estancia	Tipo de iluminación o actividad	Iluminancia media Em (lux)	Tono de luz	Grupo de rendimiento de color	Clase de calidad al deslumbramiento directo
Quirófanos	Iluminación general	1000	Neutro	1A	A
	Iluminación zona operación	20000 a 100000	Neutro	1A	A
	Iluminación alrededores	2000	Neutro	1A	A
Salas anexas	Iluminación general	500	Neutro	1B	B
	Lavabos	500	Neutro	1B	C
	Salas de preparación	500	Neutro	1B	B
	Sala de instrumental	500	Neutro	1B	A
	Salas de esterilización	500	Neutro	1B	A
	Salas de recuperación	500	Neutro	1B	B

Fuente: Comité Español de Iluminación (CEI) y Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), “Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación. Hospitales y Centros de Atención Primaria”

De la Tabla 2.2, se puede observar que los niveles que se mencionan son de iluminación media, esto quiere decir que no es un valor mínimo. Pero toman este valor de 500 lux para que la adaptación a la iluminación sea menos agresiva.

2.2.2. ISO 8995/CIE, Norma Cubana. Iluminación de puestos de trabajo en interiores

Esta ISO es una norma cubana que también designa niveles de iluminación para las áreas de los hospitales y sus diversas áreas.

Tabla 2.3. Niveles de iluminación, Norma Cubana

Tipo de interior, tarea o actividad	\bar{E}_m lux	CUD_L	R_a	Notas
Locales de dermatología	500	19	90	
Locales de endoscopías	300	19	80	
Locales de enyesar	500	19	80	
Baños de médicos	300	19	80	
Masaje y radioterapia	300	19	80	
Salas pre-operatorias y de recuperación	500	19	90	
Quirófano	1 000	19	90	

Fuente: ISO 8995/CIE

De la Tabla 2.3 se observar que para el área de recuperación se tiene 500 lux que son un nivel promedio, este valor es solo para Cuba y a la Ciudad de México nos sirve como referencia.

2.3. Eficiencia energética en iluminación, NOM-007-ENER-2014

Para un hospital se tiene que constatar que esta cumpla con la densidad de potencia eléctrica para alumbrado (DPEA). De acuerdo con esta norma para un hospital se tiene un nivel de DPEA.

Tabla 2.4. Densidades de Potencia Eléctrica para Alumbrado (DPEA)

Tipo de edificio	DPEA (W/m2)
Oficinas	
Oficinas	12
Escuelas y demás centros docentes	
Escuelas o instituciones educativas	14
Bibliotecas	15
Establecimientos comerciales	
Tiendas de autoservicio, departamentales y de especialidades	15
Hospitales	
Hospitales, sanatorios y clínicas	14

Fuente: NOM-007-ENER-2014

De la tabla 2.4 se puede ver el valor que se tiene del DPEA para diversas áreas de un hospital, el objeto de estudio, como antes fue mencionado, es del área de recuperación, lo cual la norma nos dice que se puede tener diferentes DPEA para estas áreas tales se muestran en la tabla 2.5.

Tabla 2.5. Valores de DPEA para diferentes espacios pertenecientes a diferentes tipos de edificios

Tipo de espacio específico	DPEA (W/m2)
Manufactura detallada industria	13.89
Oficina abierta	10.55
Oficina cerrada	11.95
Oficina postal	10.12
Pasillo central (templos)	6.89
Pasillos	7.10
Pasillos fábricas / industria	4.41
Pasillos hospital	9.58
Preparación de comida	10.66
Probadores de tiendas	9.36
Pulpito, coro (templos)	16.47
Radiología e imagen (hospital)	14.21
Recuperación (hospital)	12.38

Fuente: NOM-007-ENER-2014, Anexo C

Capítulo III. Análisis de la situación actual

3.1. Descripción del inmueble

El hospital se encuentra al sur de la Ciudad de México y está clasificado como un hospital de tercer nivel. Actualmente cuenta con 120 mil metros cuadrados de construcción, de los cuales los conforman de consultorios, habitaciones, unidades médicas y clínicas de especialidad.

Existen 4 torres que componen al hospital; sin embargo, el área a evaluar es el tercer piso de la Torre 2, la cual cuenta con un área de 1,036 metros cuadrados aproximadamente con 22 camas. El personal que labora en este piso es de 20 personas aproximadamente, entre enfermeros, médicos, personal de limpieza y jefes de áreas.

En la Tabla 3.1, se presentan las distintas áreas que conforman cada piso, así como la distribución de metros cuadrados de cada área que comprenden la zona evaluada del hospital.

Tabla 3.1. Áreas de estudio

Área	Superficie (m ²)
Central de enfermeras	22
Comedor	7
Pasillo central	141
Cuarto sencillo	29
Pasillo séptico	20
Séptico	4
Sanitario	4
Oficina de médicos	30
Sala de espera	22
Cuarto suite	40
Sub-almacén	4
Atención al cliente	7
Pasillo de jefatura	16
Pasillo de elevadores	15
Pasillo lateral elevadores	15
Pasillo de pediatría	28
Admisión	7
Asistente de jefatura pediátrica	6
Informe a familiares	7

Área	Superficie (m ²)
Cuarto sencillo 2	29
Cuarto sencillo 3	29
Cuarto sencillo 4	29
Cuarto sencillo 5	29
Cuarto sencillo 6	29
Cuarto sencillo 7	29
Cuarto sencillo 8	29
Cuarto sencillo 9	29
Cuarto sencillo 10	29
Cuarto sencillo 11	29
Cuarto sencillo 12	29
Cuarto sencillo 13	29
Cuarto sencillo 14	29
Cuarto sencillo 15	29
Cuarto sencillo 16	29
Cuarto sencillo 17	29
Cuarto sencillo 18	29
Cuarto suite 2	40
Cuarto suite 3	40
Cuarto suite 4	40
Total	1,036

3.2. Facturación y consumo eléctrico

Para analizar la facturación se tiene que revisar la página de CFE para ver los rubros que se cobran y de que manera se hacen.

Demanda máxima. Criterios para el cobro por capacidad y distribución

Cargo por Capacidad:

La demanda máxima a la que se deberá aplicar los cargos por capacidad expresados en \$/kW-mes, para los meses de abril a diciembre de 2018, será la mínima entre los valores que se definan a continuación:

$$\min \left\{ D_{max_{punta}}, \left[\frac{Q_{mensual}}{24 * d * F.C.} \right] \right\}$$

Donde $D_{max_{punta}}$ es la demanda máxima coincidente con el periodo horario de punta medida en kilowatts, $Q_{mensual}$ es el consumo mensual registrado en el mes de facturación en kWh, d son los días del periodo de facturación y el F.C. es el factor de carga correspondiente del apartado 3.5.3 del Anexo B del Acuerdo A/058/2017.

Para el caso de que no haya periodo de punta y los usuarios suministrados en baja y media tensión cuya demanda no se mide, se utilizará la siguiente fórmula:

$$Demanda = \left[\frac{Q_{mensual}}{24 * d * F.C.} \right]$$

Donde $Q_{mensual}$ es el consumo mensual registrado en el mes de facturación en kWh, d días del periodo de facturación y el F. C. es el factor de carga correspondiente del apartado 3.5.3 del Anexo B del Acuerdo A/058/2017.

Para los centros de carga que reciban energía por un contrato de interconexión legado, la $D_{max_{punta}}$ y $Q_{mensual}$ serán la demanda máxima coincidente con el periodo horario de punta medida y el consumo mensual suministrados en el mes de facturación por CFE Suministrador de Servicios Básicos.

Cargo por Distribución:

La demanda máxima a la que se deberá aplicar los cargos de distribución expresados en \$/kW-mes, para los meses de abril a diciembre de 2018, será la mínima entre los valores que se definen a continuación:

$$\min \left\{ D_{max_{mensual}}, \left[\frac{Q_{mensual}}{24 * d * F.C.} \right] \right\}$$

Donde $D_{max_{mensual}}$ es la demanda máxima registrada en el mes al que corresponde la facturación, $Q_{mensual}$ es el consumo mensual registrado en el mes de facturación en kWh, d son los días del periodo de facturación y el F.C. es el factor de carga correspondiente del apartado 3.5.3 del Anexo B del Acuerdo A/058/2017.

Para los usuarios suministrados en baja y media tensión cuya demanda no se mide, se utilizará la siguiente fórmula:

$$Demanda = \left[\frac{Q_{mensual}}{24 * d * F.C.} \right]$$

Donde $Q_{mensual}$ es el consumo mensual registrado en el mes de facturación en kWh, d días del periodo de facturación y el F. C. es el factor de carga correspondiente del apartado 3.5.3 del Anexo B del Acuerdo A/058/2017.

Para los centros de carga que reciban energía por un contrato de interconexión legado, la Q_{mensual} será el consumo mensual suministrado en el mes de facturación por CFE Suministrador de Servicios Básicos.

Demanda máxima medida:

Las demandas máximas medidas en los distintos periodos se determinarán mensualmente por medio de instrumentos de medición, que indican la demanda media en kilowatts, durante cualquier intervalo de 15 minutos del periodo en el cual el consumo de energía eléctrica sea mayor que en cualquier otro intervalo de 15 minutos en el periodo correspondiente, cualquier fracción de kilowatt de demanda medida se tomará como kilowatt completo.

Cuando el usuario mantenga durante 12 meses consecutivos valores de demanda inferiores a 100 kilowatts, podrá solicitar al suministrador su incorporación a la tarifa GDMTO.

Energía de punta, intermedia y de base:

Energía de punta es la energía consumida durante el periodo de punta.

Energía intermedia es la energía consumida durante el periodo intermedio.

Energía de base es la energía consumida durante el periodo de base.

Fuente: Comisión Federal de Electricidad, (CFE), Nuevo esquema tarifario (diciembre 2017 - 2018)

Para obtener la facturación se necesitan los siguientes conceptos:

- 1) Energía base, Energía intermedia y Energía punta
- 2) Demanda
- 3) Capacidad
- 4) Distribución
- 5) Cargo fijo
- 6) Factor de potencia

En la Figura 3.1 se puede ver la facturación del hospital en el mes de agosto de 2018, en donde se determina que el costo unitario de la energía es de 2.7524 \$/kWh.

			TOTAL A PAGAR: \$2,554,689.00 (DOS MILLONES QUINIENTOS CINCUENTA Y CUATRO MIL SEISCIENTOS OCHENTA Y NUEVE PESOS 00/100 M.N.)	
NO. DE SERVICIO (RMU): <input type="text"/>			PERIODO FACTURADO: 31 JUL 18 - 31 AGO 18	
TARIFA: GDMTH	NO. MEDIDOR: <input type="text"/>	MULTIPLICADOR: 1200	LÍMITE DE PAGO: 15 SEP 2018	
CARGA CONECTADA kW: 1650	DEMANDA CONTRATADA kW: 1650	CORTE A PARTIR: 16 SEP 2018		

Concepto	No. medidor	Lectura actual		Lectura anterior		Diferencia	Totales
		Medida ●	Estimada ●	Medida ●	Estimada ●		
kWh base				250,303			
kWh intermedia				616,656			
kWh punta				61,209			
Mes	Días de mes	Consumo prom. diario		Energía kWh	Precios \$/kWh	Importe (MXN)	
kW base				1,222			
kW intermedia				1,612			
kW punta				1,488			
Mes	Factor de proporción	Demanda máxima \$/kW		Precios \$/kW	Importe (MXN)	Factor de potencia	
kWMaxAñoMovil				1,612			
kVArh				322,672			
Factor de potencia %				94.46			

Concepto	Costo de la energía en el mercado				Desglose del importe a pagar	
	\$	\$/kW	\$/kWh	Importe (MXN)	Concepto	Importe (MXN)
Suministro	654.45	0	0	654.45	Cargo Fijo	654.45
Distribución	0	105860.04	0	105860.04	Energía	2,228,413.10
Transmisión	0	0	147114.64	147114.64	Bonificación Factor de Potencia	26,748.81-
CENACE	0	0	8446.33	8446.33	Subtotal	2,202,318.74
Generación B	0	0	230579.12	230579.12	IVA 16%	352,370.99
Generación I	0	0	1014522.45	1014522.45	Facturación del Periodo	2,554,689.73
Generación P	0	0	119773.77	119773.77	Adeudo Anterior	2,308,185.22
Capacidad	0	597104.64	0	597104.64	Su Pago	2,308,185.00-
SCnMEM	0	0	5012.11	5012.11	Total	\$2,554,689.95
Total	654.45	702,964.68	1,525,448.42	2,229,067.55		

Figura 3.1. Facturación eléctrica del hospital

Tabla 3.2. Cálculo de la facturación, Nuevo esquema tarifario

energía		Σ kWhPunta + kWhIntermedia + kWhBase			
energía en kWh	928.168	para obtener la energía total para obtener la facturación se tiene que sumar la (energía punta + le energía intermedia + la energía base). Como se observa en la fórmula			
DmaxP=	1.488				
Dmaxaño Móvil	1.612				
Demanda en kW	2188.662517	=	2189	este número se redondea ya que esto está establecido en los cálculos de CFE y la CRE	
capacidad	1.488				
distribución	2189				
cálculo de los cargos de factura					
Cc=	1.488kW*(401.28/kW)		\$	597,104.64	
CD=	1.612kW*(65.67/kW)		\$	105,860.04	
CE=	250.303kWh*(1.0942/kWh) + 616.656kWh*(1.8182/kWh) + 61.209*(2.1298/kWh)				\$ 1,525,448.41
CF=	\$ 654.45				
CT=	\$ 2,229,067.54				
bonificación =	0.011803938	1.2000%	como el f.p es mayor a .9 se obtiene bonificación		
sin cargo fijo para sacar bonificación			\$	2,228,413.09	
	bonificación		\$	26,740.96	
	subtotal	subtotal	\$	2,202,326.58	
	IVA		\$	352,372.25	
facturación total			\$	2,554,698.84	

tomando en cuenta estos rubros. (cargos fijos, "consumo, distribución y energía", bonificación e IVA) se puede obtener la facturación por partes y al sumar todos estos rubros se puede obtener la facturación total

De la Tabla 3.2 se puede observar que la facturación total es igual a la facturación total que tenemos en el recibo de luz, esto se logró a que la bonificación se redondeó al 1.2%

Tabla 3.3. Datos de la facturación eléctrica

Periodo	Mes	Consumo de energía (kWh)			Demanda eléctrica (kW)			Energía Reactiva (kVArh)	FP (%)
		Base	Intermedia	Punta	Base	Intermedia	Punta		
31 Ago 17 - 30 Sep 17	sep-17	255,040	553,112	53,605	1,270	1,635	1,438	300,371	94.43%
31 Sep 17 - 31 Oct 17	oct-17	258,838	576,628	62,377	1,223	1,538	1,514	310,968	94.49%
31 Oct 17 - 30 Nov 17	nov-17	252,505	495,147	122,616	1,260	1,577	1,545	301,568	94.49%
30 Nov 17 - 31 Dic 17	dic-17	265,123	480,255	114,714	1,285	1,552	1,479	287,101	94.85%
31 Dic 17 - 31 Ene 18	ene-18	246,362	487,387	121,418	1,261	1,497	1,469	280,842	95.01%
31 Ene 18 - 28 Feb 18	feb-18	238,088	456,755	112,871	1,305	1,626	1,628	272,190	94.76%
28 Feb 18 - 31 Mar 18	mar-18	266,177	529,808	131,852	1,380	1,698	1,663	326,668	94.32%
31 Mar 18 - Abr 18	abr-18	255,840	586,518	54,970	1,245	2,664	1,525	312,797	94.43%
30 Abr 18 - 31 May 18	may-18	272,770	634,792	63,040	1,294	1,813	1,700	345,794	94.20%
31 May 18 - 30 Jun 18	jun-18	254,858	623,772	58,695	1,300	1,803	1,660	33,299	99.94%
30 Jun 18 - 31 Jul 18	jul-18	264,206	609,419	59,775	1,237	1,673	1,546	328,415	94.33%
31 Jul 18 - 31 Ago 18	ago-18	250,303	616,656	61,209	1,222	1,612	1,488	322,672	94.46%

En la Tabla 3.3 se presenta el comportamiento del historial del consumo de energía a lo largo de un año; así como la demanda eléctrica y el factor de potencia.

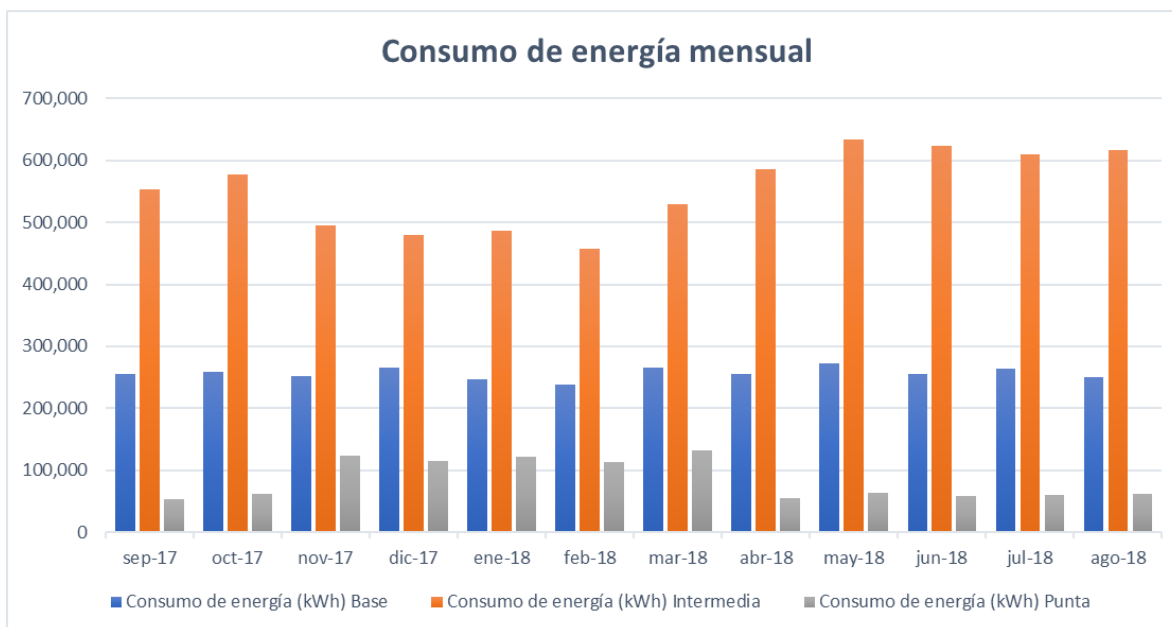


Figura 3.4. Consumo de energía mensual por periodo

En la Figura 3.4 se muestra el consumo de la energía en los periodos Base, Intermedia y Punta, observando que a lo largo de un año hay un incremento en intermedia y una disminución en Punta y en Base se mantienen.

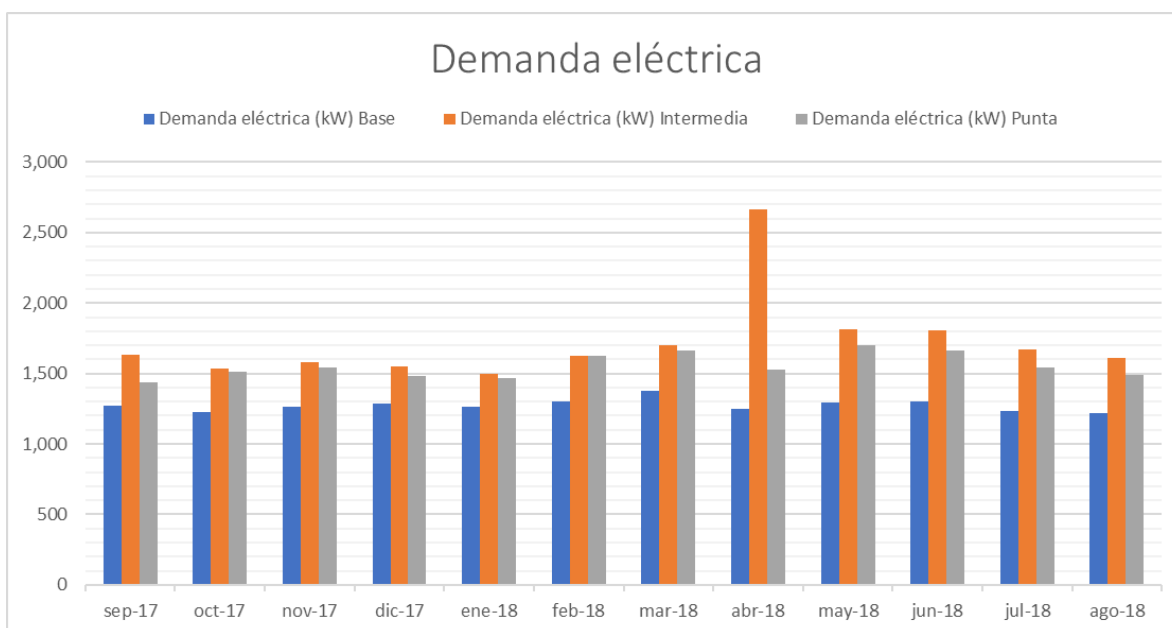


Figura 3.5. Demanda eléctrica por periodo

En el Figura 3.5 se muestra el comportamiento de la demanda en los diferentes periodos de Base, Intermedia y Punta, de esto se puede concluir que el consumo de energía no varia mucho a lo largo del año.

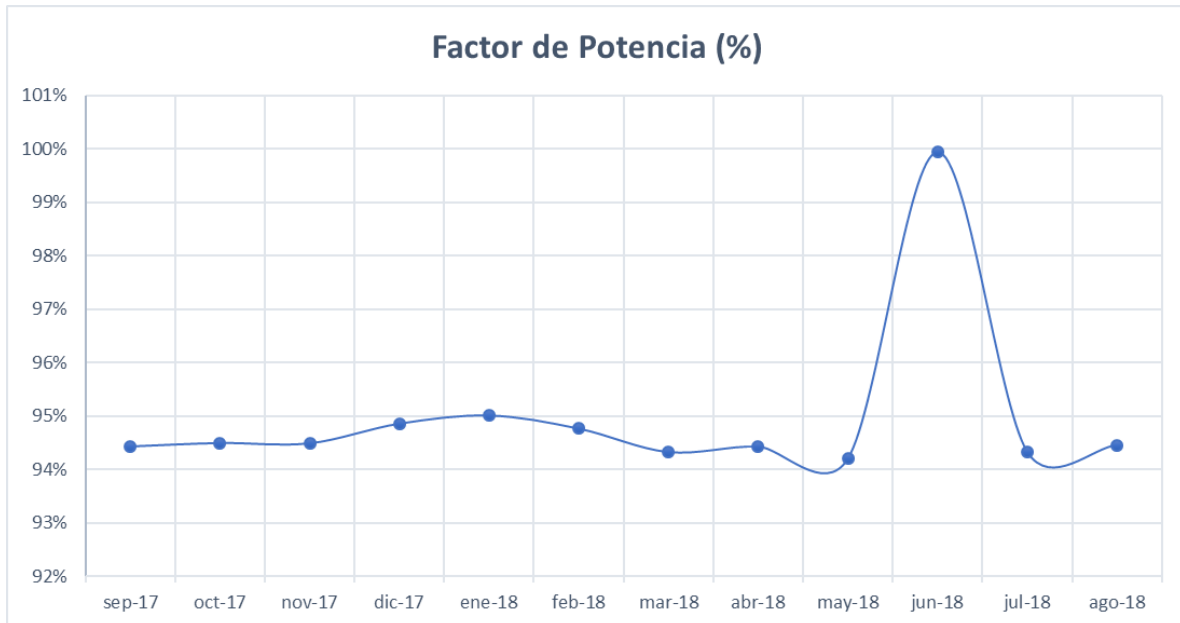


Figura 3.6. Histórico del factor de potencia

En el Figura 3.6 se puede observar que el factor de potencia siempre se mantiene por encima del 90% esto significa que en cada facturación obtienen una bonificación por buen factor de potencia. En el mes de junio de 2018 se observa que el factor de potencia es casi unitario, esto significa que la energía se utilizó de buena manera.

3.3. Sistema de iluminación

En los inmuebles con uso específico de hospitales, el sistema de iluminación por lo general representa un gran porcentaje del consumo energético, además de ser un área propensa a mejora dada la implementación de nuevas tecnologías.

3.4. Censo tecnológico

En la Tabla 3.4, se describen las diferentes tecnologías de iluminación que se encuentran en cada área.

Tabla 3.4. Censo de iluminación por área

Piso Área	Luminarias		
	Fluorescente T8 2x32 W	FL Compacta 13 W	Halógeno 100 W
Central de enfermeras	4	10	
Comedor	2		
Pasillo central	17		
Cuarto sencillo	1	4	
Pasillo séptico	3		
Séptico	1		
Sanitario		1	
Oficina de médicos		8	
Sala de espera		10	
Cuarto suite	1	6	1
Sub-almacén	1		
Atención al cliente		5	
Pasillo de jefatura	3		
Pasillo de elevadores		3	
Pasillo lateral elevadores	2		
Pasillo de pediatría	2		
Admisión		5	
Asistente de jefatura pediátrica		2	
Informe a familiares		5	
Cuarto sencillo 2	1	4	
Cuarto sencillo 3	1	4	
Cuarto sencillo 4	1	4	
Cuarto sencillo 5	1	4	
Cuarto sencillo 6	1	4	
Cuarto sencillo 7	1	4	
Cuarto sencillo 8	1	4	
Cuarto sencillo 9	1	4	
Cuarto sencillo 10	1	4	
Cuarto sencillo 11	1	4	
Cuarto sencillo 12	1	4	
Cuarto sencillo 13	1	4	
Cuarto sencillo 14	1	4	
Cuarto sencillo 15	1	4	
Cuarto sencillo 16	1	4	
Cuarto sencillo 17	1	4	
Cuarto sencillo 18	1	4	
Cuarto suite 2	1	6	1
Cuarto suite 3	1	6	1
Cuarto suite 4	1	6	1
Total	57	145	4

En la Tabla 3.4, se puede ver que la tecnología instalada está predominada por lámparas fluorescentes compactas de 13 W y fluorescentes tipo T8 de 32W. En sitios muy específicos se encontró otra tecnología: lámpara de halógeno de 100 W, aunque por la cantidad no representa un impacto significativo en el consumo total del sistema.

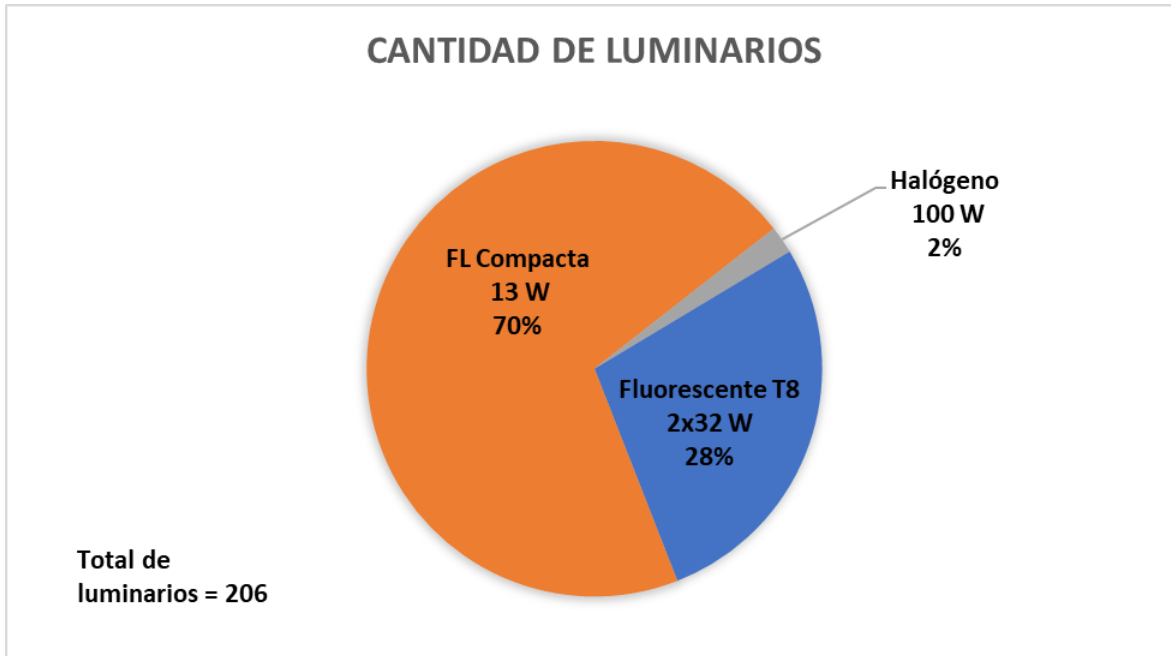


Figura 3.8. Tecnología predominante en el sistema de iluminación

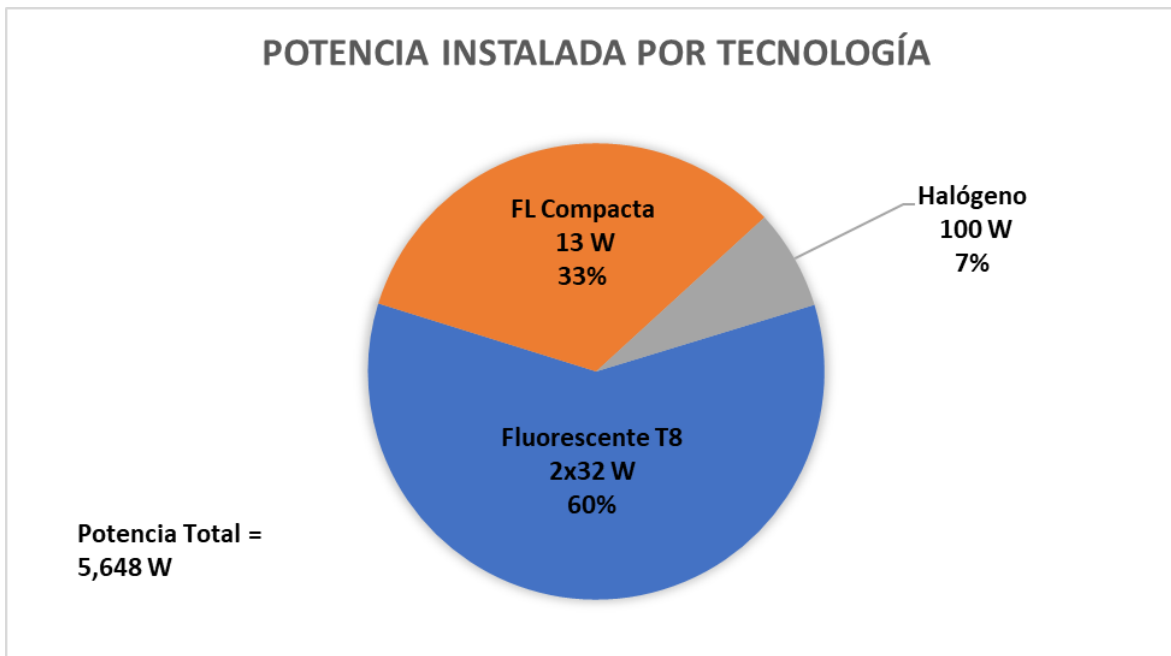


Figura 3.9. Potencia instalada por tecnología de iluminación

Como se puede observar en la Figura 3.8, el sistema de iluminación está predominada por la tecnología FLC de 13 Watts (70%) y Fluorescente T8 de 2x32W (28%). Sin embargo, en relación con la potencia instalada, es más representativa la tecnología T8 2x32 W (60% del total), como se muestra en la Figura 3.9.

3.5. Mecanismos de control de luz general y locales (cabecera)

- Manuales (on/off)
- Atenuables
- Automáticos

Todas las áreas que se encontraron en el inmueble son de tecnología (on/off) y en su mayoría no son atenuables, la única área que cuenta con una luz atenuable son los cuartos suite, además ninguna área es de tecnología automática, es por eso la necesidad de implementar estas dos últimas tecnologías para que el paciente este en un ambiente de confort, para esto se hará el estudio para ver la rentabilidad de adquirir este tipo de tecnología.

Como se ha mencionado, el paciente debe estar en un ambiente de confort que lo haga sentir que está en casa, todo esto influye en el paciente para una pronta recuperación.

Capítulo IV. Metodología o Desarrollo metodológico

4.1. Medición de los niveles de iluminación, NOM-025-STPS-2008

- a) Con aportación de luz natural
- b) Sin aportación de luz natural

Debido a que solo se tuvo una oportunidad de evaluar el inmueble, dado que la demanda del hospital es muy alta y por lo regular esta ocupado por los pacientes, solo se hizo mediciones en el transcurso del día, entre las 15:30 h y 19:00 h.

Las áreas que cuentan con un aporte de luz natural se presentan en la Tabla 4.1 y las demás áreas que no cuentan con un aporte de luz natural en la Tabla 4.2.

Tabla 4.1. Áreas con aporte de luz natural

Cuarto sencillo
Oficina de médicos
Cuarto suite
Pasillo lateral elevadores
Pasillo de pediatría

Tabla 4.2. Áreas sin aporte de luz natural

Central de enfermeras
Comedor
Pasillo central
Pasillo séptico
Séptico
Sanitario
Sala de espera
Sub-almacén
Atención al cliente
Pasillo de jefatura
Pasillo de elevadores
Admisión
Asistente de jefatura pediatría

Aunque se cuenta con aportación de luz natural, los luxes que se utilizan serán los más críticos; es decir, cuando no tenemos aporte de luz natural, esto sería en la noche, esto se logró gracias a dichas áreas cuentan con persianas y cortinas que no permiten el paso de la luz; por lo tanto, se tomarán estas mediciones ya que si se cumple con la norma para estas mediciones se cumplirá para las mediciones con aporte de luz.

Para este diagnóstico de iluminación se utilizó el método del índice de cuarto (IC), el cual nos indica el número mínimo de zonas a evaluar dependiendo, si el punto focal a evaluar coincide con una de las luminarias se tendrá que considerar el número máximo de zonas a evaluar de acuerdo con la Tabla 4.3.

Tabla 4.3. Relación entre el índice del Área y el número de zonas de medición

Índice de área	A) Número mínimo de zonas a evaluar	B) Número de zonas a considerar por la limitación
IC < 1	4	6
1 ≤ IC < 2	9	12
2 ≤ IC < 3	16	20
3 ≤ IC	25	30

Fuente: NOM-025-STPS-2008

Para determinar la cantidad de zonas a evaluar se usa la siguiente fórmula

$$IC = \frac{(x)(y)}{h(x+y)}$$

Donde:

IC = índice del área.

x, y = dimensiones del área (largo y ancho), en metros.

h = altura de la luminaria respecto al plano de trabajo, en metros.

4.2. Método de IESNA

También se ocupó el método de IESNA, ya que dos de las áreas se evalúan mejor con este método el cual nos indica los puntos de medición en una cuadrícula de un local con luminarias individuales en una sola fila.

- Pasillo central
- Pasillo de pediatría.

c) Áreas regulares con luminarias individuales en una sola fila. Ver Figura 490-1.c).

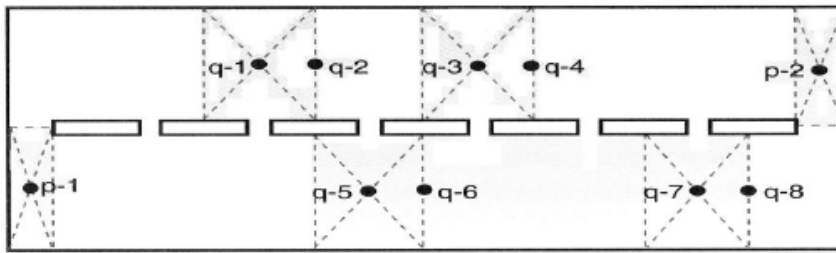


Figura 490.1 c. Puntos de medición de iluminancia en la cuadrícula de un local con luminarias individuales en una sola fila

$$E_{prom} = \frac{Q(N - 1) + P}{N}$$

Donde:

E_{prom} Iluminancia promedio;
 N Número de luminarias.

1. Se toman lecturas en los puntos q-1, hasta q-8, en cuatro cuadrículas típicas, localizadas dos en cada lado del área. Se promedian las 8 lecturas. Este es el valor de Q de la ecuación de la iluminancia promedio.
2. Se toman lecturas en los puntos p-1, y p-2, para dos cuadrículas típicas de las esquinas. Se promedian las 2 lecturas. Este es el valor P de la ecuación de la iluminancia promedio.
3. Se determina la iluminancia promedio en el área utilizando la ecuación de E_{prom} .

Capítulo V. Evaluación del cumplimiento normativo

Una vez realizadas las mediciones y cálculos respectivos, se comparan los valores obtenidos con los valores de las normas NOM-025-STPS-2008 y NOM-007-ENER-2014.

5.1. Evaluación de la NOM-007-ENER-2014

De la Tabla 5.1, se evidencia que a partir de las mediciones realizadas se cumplen con los lineamientos referentes a la norma de iluminación NOM-007-ENER-2014 dado que, aunque en ciertas áreas no se llega a las recomendaciones de la norma, el total del inmueble si cumple con los requisitos máximos de este indicador energético.

Tabla 5.1. DPEA por área

Área	DPEA (W/m ²)	DPEA NOM-007	Cumple NOM-007
Central de enfermeras	16.64	13.24	NO
Comedor	16.86	11.52	NO
Pasillo central	7.11	9.58	SI
Cuarto sencillo	3.83	6.67	SI
Pasillo séptico	8.85	9.58	SI
Séptico	13.72	19.48	SI
Sanitario	3.71	10.55	SI
Oficina de médicos	3.47	11.95	SI
Sala de espera	5.91	13.24	SI
Cuarto suite	5.93	6.67	SI
Sub-almacén	14.75	13.67	NO
Atención al cliente	9.29	9.69	SI
Pasillo de jefatura	11.42	9.58	NO
Pasillo de elevadores	2.60	6.89	SI
Pasillo lateral elevadores	7.87	6.89	NO
Pasillo de pediatría	4.29	9.58	SI
Admisión	9.29	9.69	SI
Asistente de jefatura pediátrica	4.33	10.55	SI
Informe a familiares	9.29	10.55	SI
Cuarto sencillo 2	3.83	6.67	SI
Cuarto sencillo 3	3.83	6.67	SI
Cuarto sencillo 4	3.83	6.67	SI

Área	DPEA (W/m2)	DPEA NOM-007	Cumple NOM-007
Cuarto sencillo 5	3.83	6.67	SI
Cuarto sencillo 6	3.83	6.67	SI
Cuarto sencillo 7	3.83	6.67	SI
Cuarto sencillo 8	3.83	6.67	SI
Cuarto sencillo 9	3.83	6.67	SI
Cuarto sencillo 10	3.83	6.67	SI
Cuarto sencillo 11	3.83	6.67	SI
Cuarto sencillo 12	3.83	6.67	SI
Cuarto sencillo 13	3.83	6.67	SI
Cuarto sencillo 14	3.83	6.67	SI
Cuarto sencillo 15	3.83	6.67	SI
Cuarto sencillo 16	3.83	6.67	SI
Cuarto sencillo 17	3.83	6.67	SI
Cuarto sencillo 18	3.83	6.67	SI
Cuarto suite 2	5.93	6.67	SI
Cuarto suite 3	5.93	6.67	SI
Cuarto suite 4	5.93	6.67	SI
Total	5.45	14.00	SI

De la Tabla 5.1 se puede observar las áreas que cumple con el DPEA que establece la NOM-007-ENER-2014, pero la norma indica, cuando un edificio sea diseñado y construido para un uso único, se permite que para algunas áreas o espacios del edificio, en función de las actividades y tareas específicas que en su interior se desarrollen, se obtengan valores de DPEA mayores a los límites establecidos en la presente Norma Oficial Mexicana pero que tienen que ser compensadas por otras áreas con valores de DPEA menores y así lograr que los valores de DPEA totales del edificio cumplan con lo establecido por esta Norma Oficial Mexicana.

5.2. Evaluación de la NOM-025-STPS-2008

De la Tabla 5.2, se puede observar que los niveles que nos da la NOM-025-STPS-2008 son mínimos y sirve como referencia para tener una buena iluminación.

Tabla 5.2. Nivel de ILUMINACIÓN por área

Área	Nivel Ilum. (lx)	Nivel Ilum. NOM-025	Cumple NOM-025	% de aumento vs NOM-025
Central de enfermeras	315	200	SI	58%
Comedor	219	200	SI	10%
Pasillo central	180	100	SI	80%
Cuarto sencillo	316	300	SI	5%
Pasillo séptico	349	100	SI	249%
Séptico	282	200	SI	41%
Sanitario	194	100	SI	94%
Oficina de médicos	293	300	NO	-2%
Sala de espera	179	100	SI	79%
Cuarto suite	328	300	SI	9%
Sub-almacén	133	100	SI	33%
Atención al cliente	202	200	SI	1%
Pasillo de jefatura	219	50	SI	339%
Pasillo de elevadores	110	50	SI	121%
Pasillo lateral elevadores	117	50	SI	134%
Pasillo de pediatría	127	50	SI	154%
Admisión	218	200	SI	9%
Asistente de jefatura pediátrica	207	200	SI	4%
Informe a familiares	233	200	SI	17%
Cuarto sencillo 2	316	300	SI	5%
Cuarto sencillo 3	316	300	SI	5%
Cuarto sencillo 4	316	300	SI	5%
Cuarto sencillo 5	316	300	SI	5%
Cuarto sencillo 6	316	300	SI	5%
Cuarto sencillo 7	316	300	SI	5%
Cuarto sencillo 8	316	300	SI	5%
Cuarto sencillo 9	316	300	SI	5%
Cuarto sencillo 10	316	300	SI	5%
Cuarto sencillo 11	316	300	SI	5%
Cuarto sencillo 12	316	300	SI	5%

Área	Nivel Ilum. (lx)	Nivel Ilum. NOM-025	Cumple NOM-025	% de aumento vs NOM-025
Cuarto sencillo 13	316	300	SI	5%
Cuarto sencillo 14	316	300	SI	5%
Cuarto sencillo 15	316	300	SI	5%
Cuarto sencillo 16	316	300	SI	5%
Cuarto sencillo 17	316	300	SI	5%
Cuarto sencillo 18	316	300	SI	5%
Cuarto suite 2	328	300	SI	9%
Cuarto suite 3	328	300	SI	9%
Cuarto suite 4	328	300	SI	9%

Asimismo, en la Tabla 5.2 se puede apreciar que en general, el nivel de iluminación cumple con los requisitos de la NOM-025, sólo en la oficina de médicos no alcanza a cumplir, pero por muy poco. Por otro lado, el porcentaje de aumento del nivel de iluminación (con respecto a la NOM-025), se dispara en algunas áreas como pasillos, principalmente.

Capítulo VI. Propuestas de mejora energética y lumínica

La iluminación forma parte importante en un hospital, así como también en la facturación eléctrica de este inmueble, dado a que la mayor parte de las lámparas están prendidas 20 horas aproximadamente los 365 días del año.

A continuación, se proponen medidas de ahorro de energía enfocadas a los sistemas de iluminación dado que fue el uso significativo de la energía detectado en el proceso de medición por su alto consumo energético:

- a. Operativa
- b. De control
- c. Tecnológica (evaluar rentabilidad económica)

6.1. Ficha técnica Operativa: Aprovechamiento de la luz natural

Descripción de la medida:

Durante el recorrido y el censo técnico realizado en el hospital, se apreció que existen áreas que cuentan con aporte de luz natural en donde se cuenta con un apagador para controlar la iluminación.

De los resultados que se obtuvieron en las mediciones se hace la siguiente propuesta. Aprovechar el aporte de luz natural, apagando la luz artificial, en las siguientes áreas:

- Cuarto sencillo
- Oficina de médicos
- Cuarto suite
- Pasillo lateral elevadores
- Pasillo de pediatría

Cálculo de los beneficios:

a) Ahorro energético

En los cuartos sencillos se tiene 1 luminaria de 2x32W T8 (potencia de línea 59 W) y 4 lámparas compactas de 13 W. La potencia total por cuarto es de 111 W

Número de cuartos sencillos = 18

Potencia total = 18 x 111 W = 1,998 W

En las oficinas de médicos se tienen 8 lámparas compactas de 13 W; por lo tanto, la potencia total del área es de 104 W.

Número de oficinas = 1

Potencia total = 104 W

En las habitaciones Suite se tiene una luminaria de 2x32 W T8 y 6 lámparas compactas de 13 W; por lo que la potencia total es de 137 W.

Número de cuartos suite = 4

Potencia total = 4 x 137 W = 548 W

En el área de pasillos laterales de elevadores se tienen 2 luminarias de 2x32 W T8; por lo que la potencia total es de 118 W.

Número de pasillos = 1

Potencia total = 118 W

En el área de pasillos de pediatría se tienen 2 luminarias de 2x32 W T8; por lo tanto, la potencia total es de 118 W.

Número de pasillos = 1

Potencia total = 118 W

Suma de potencia instalada = 1,998 W + 104 W + 548 W + 118 W + 118 W = 2,886 W

Suma de potencia instalada = 2.886 kW

Si se recomienda una desconexión de 6 horas al día

Ahorro energético (AhEner) = Potencia instalada x tiempo de desconexión

AhEner = (2.886 kW) x (6 h/d) x (365 d/año) = 6,320.34 kWh/año

b) Beneficios económicos

Ahorro económico (AhEcon) = ahorro energético x costo de la energía

AhEcon = 6,320.34 kWh/año x 2.7524 \$/kWh = \$17,396 al año

c) Beneficio ambiental

Factor de emisión del Sistema Eléctrico Nacional, 2017: 0.582 toneladas de CO₂ / MWh

Fuente: SEMARNAT Factor de Emisión del Sector Eléctrico Nacional

Reducción de CO₂ = Ahorro energético x Reducción de emisiones

Reducción de CO₂ = 6.320 MWh/año x 0.582 toneladas de CO₂ / MWh

Reducción de CO₂ = 3.678 toneladas de CO₂/año

Inversión requerida:

Como se está propone una medida operativa no se requiere de inversión, solo es cuestión de ver quién es el encargado del área de mantenimiento y ver si esta actividad se puede incluir dentro de su rol de trabajo.

6.2. Ficha técnica De control: Sensores de movimiento

Aunque para esta medida se podría recomendar la instalación de sensores de movimiento en las habitaciones de recuperación, para así obtener un ahorro energético, se considera que para la institución no le es conveniente poner esta medida de control ya que indican que cuando el paciente este leyendo habrá momentos que las lámparas se apaguen y sería más molesto para el paciente tener que moverse para encender la luz.

6.3. Ficha técnica Tecnológica: Iluminación LED

Descripción de la medida:

Se propone el cambio de las lámparas fluorescentes lineales T8 de 32 watts por tecnología LED de 18 watts. En la tabla 6.1 se muestran los datos técnicos.

Tabla 6.1. Datos técnicos del sistema actual vs sistema propuesto

Sistema de iluminación	Tipo	Potencia de línea [W]	Flujo luminoso [lm]	Vida media lámpara [h]	Eficacia [lm/W]
Actual	Fluor. 2x32 W T8 Bal. electrónico	59	2x2,850= 5,700	36,000	96.6
Propuesto	LED 2x18W	36	2x2,520= 5,040	50,000	140

Durante el recorrido y el censo técnico realizado en el hospital, se apreció que existen áreas que son muy propensas a un cambio de tecnología. Estas áreas se presentan en la Tabla 6.2.

Tabla 6.2. Número de equipos a sustituir por área

Área	Fluorescente T8 2x32 W
Central de enfermeras	4
Comedor	2
Pasillo central	17
Pasillo de jefatura	3
Pasillo séptico	3
Total	29

Hay que recordar que no en todas las áreas se puede hacer una sustitución directa ya que la intensidad lumínica disminuirá al cambiar de tecnología, para esto se recomienda la sustitución de lámparas en áreas donde los luxes estén por encima de lo recomendado por la norma NOM-025-STPS-2008.

Cálculo de los beneficios:

a) Beneficios energéticos

En la Tabla 6.3 se muestra el resumen de los cálculos de ahorro energético por la sustitución de la tecnología fluorescente por tecnología LED.

Tabla 6.3. Ahorro energético

Situación Actual T8 32W		Situación Propuesta LED 18W		Ahorros	
Demanda [kW]	Consumo [kWh/año]	Demanda [kW]	Consumo [kWh/año]	Por demanda [kW]	Por consumo [kWh/año]
1.711	12,490.3	1.044	7,621.2	0.667	4,869.1

Nota: Se considera que los equipos operan 20 h/d los 365 al año.

De la Tabla 6.3 se puede ver el consumo de energía de cada tecnología por año y el ahorro que se tiene por la sustitución de tecnología (4,869.1 kWh/año).

b) Beneficios económicos

Ahorro económico (AhEcon) = ahorro energético x costo de la energía
 $AhEcon = 4,869.1 \text{ kWh/año} \times 2.7524 \text{ \$/kWh} = \$13,402 \text{ al año}$

c) Beneficio ambiental

Factor de emisión del Sistema Eléctrico Nacional, 2017: 0.582 toneladas de CO₂ / MWh
 Fuente: SEMARNAT Factor de Emisión del Sector Eléctrico Nacional

Reducción de CO₂ = Ahorro energético x Reducción de emisiones
 $Reducción \text{ de } CO_2 = 4.869 \text{ MWh/año} \times 0.582 \text{ toneladas de } CO_2 / \text{MWh}$
 $Reducción \text{ de } CO_2 = 2.833 \text{ toneladas de } CO_2/\text{año}$

Inversión requerida:

Para la inversión inicial se toma en cuenta lo siguiente:

1. Lámpara Led de 18 W, \$400 por lámpara
2. Mano de obra, se considera un 50% de la inversión

Inversión = Número de lámparas x costo unitario + mano de obra
 Inversión = (2 x 29 equipos) x (\$400) x (1.5) = \$34,800

Periodo de recuperación de la inversión (PR):

PR = \$34,800 / (\$13,402 al año) = 2.6 años

Se considera que el tiempo de retorno de la inversión de 2.6 años, es muy bueno ya que nuestras luminarias tienen una vida superior a 6 años.

Análisis de rentabilidad del proyecto a valor presente neto (VPN) y TIR

En el análisis de rentabilidad se toman en cuenta las siguientes consideraciones:

TREMA = 14% anual

Vida del proyecto = 50,000 h / (20 h/d x 365 d/año) = 6.8 años (6 años completos)

Inversión inicial = \$34,800

Reducción de costos anuales = \$13,402

Tabla 6.4. Cálculo del VPN y TIR de la medida de inversión

Años	Saldos
0	-\$34,800.00
1	\$13,401.71
2	\$13,401.71
3	\$13,401.71
4	\$13,401.71
5	\$13,401.71
6	\$13,401.71
VPN	\$17,314.80
TREMA	14%
TIR	31%

De la Tabla 6.4 se puede concluir que la inversión requerida para la sustitución de la tecnología T8 de 32W por Tecnología LED de 18W, en las zonas de estudio, es rentable, puesto que presenta un valor presente de \$17,314 y un TIR de 31%, el cual es mayor al TREMA establecido.

Conclusiones y recomendaciones

Al hacer el diagnóstico y procesar la información se obtienen resultados favorables ya que esta institución cumple con las normas NOM-007 y NOM-025, aunque en ciertas áreas no se cumplan con alguna de ellas, pero el total del área evaluada si la cumple.

Como recomendación principal y para obtener una disminución en la facturación eléctrica se tendría que aprovechar la aportación de luz natural ya que con esta simple práctica se puede disminuir el consumo de energía. Una buena práctica como apagar las lámparas cuando no se estén ocupando también ayuda a disminuir el consumo de energía.

Otra recomendación, y también importante, es la sustitución de algunas lámparas en lugares tales como son: central de enfermeras, pasillo central, pasillo séptico y pasillo de jefatura, ya que cuentan un DPEA mayor al que nos indica la norma, si se sustituyen estas lámparas se reduce el DPEA en el área y por ende también disminuirían los luxes en el área y así poder cumplir con ambas normas antes mencionadas.

Con un cambio de tecnología a LED se puede ahorrar casi un 40% si se sustituye uno a uno, como se observa en la Tabla 6.2, solo se recomienda la sustitución de lámparas en estas áreas ya que el porcentaje de aumento en los luxes es muy alto y al cambiar de tecnología es evidente la disminución de la intensidad lumínica en cada lámpara, pero como los luxes obtenidos en esta área son muy altos al sustituir las lámparas la intensidad lumínica no afectará.

Referencias bibliográficas

Comisión Federal de Electricidad, CFE

<https://app.cfe.mx/Aplicaciones/CCFE/Tarifas/TarifasCREIndustria/Tarifas/GranDemandaMTH.aspx>

Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) & el Comité Español de Iluminación (CEI), *Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación. Hospitales & Centros de Atención Primaria*”, , España Madrid, marzo de 2001.

Organización Internacional de Normalización (ISO) & Comisión Electrotécnica Internacional (CEI), *ISO 8995/CIE S 008: 2003, Iluminación de puestos de trabajo en interiores*, Ciudad de La Habana, octubre 2003

NORMA Oficial Mexicana *NOM-025-STPS-2008, Condiciones de iluminación en los centros de trabajo*, publicado en el Diario Oficial de la Federación el día 30 de diciembre de 2014.

NORMA Oficial Mexicana *NOM-007-ENER-2014, Eficiencia energética para sistemas de alumbrado en edificios no residenciales*. el Diario Oficial de la Federación el día 21 de julio de 2015.

SEMARNAT. Factor de Emisión del Sector Eléctrico Nacional

Anexo 1. Mediciones de los niveles de iluminación por área

En base a la NOM-025-STPS-2008, el índice calculado fue de $IC < 1$; por lo tanto, el número de zonas a medir son 4, aunque dos de las mediciones coinciden con una de las lámparas usaremos el número máximo de zonas a evaluar que son 6.

Tabla A.1. Medición de los niveles de iluminación por área (en luxes)

áreas	lux medidos								
central de enfermeras	320	275	326	336	348	285			
comedor	231	228	179	202	257	218			
pasillo central	117	205	357	180	156	138	112	139	114
cuarto sencillo	269	276	323	358	356	315			
pasillo séptico	432	333	329	326	400	276			
séptico	199	272	325	302	261	330			
sanitario	228	275	169	136	201	154			
oficina de médicos	239	303	298	285	325	307			
sala de espera	203	156	198	214	136	167			
cuarto suite	342	299	326	356	294	352			
sub-almacén	145	200	113	123	103	112			
atención al cliente	174	201	209	246	167	215			
pasillo de jefatura	228	225	209	213	229	212			
pasillo de elevadores	82	89	122	152	128	89			
pasillo lateral elevadores	97	141	111	86	127	140			
pasillo de pediatría	92	102	124	84	142	179	1216	310	56
admisión	183	202	189	236	225	272			
asistente de jefatura pediatría	165	193	235	209	201	241			
informe a familiares	209	255	241	262	233	199			
cuarto sencillo 2	338	289	297	307	315	336			
cuarto sencillo 3	303	365	298	322	278	296			
cuarto sencillo 4	282	306	301	339	308	304			
cuarto sencillo 5	274	295	329	304	323	345			
cuarto sencillo 6	370	347	315	290	329	333			
cuarto sencillo 7	324	283	313	286	327	348			
cuarto sencillo 8	310	292	308	327	286	341			
cuarto sencillo 9	333	321	300	309	283	326			
cuarto sencillo 10	298	265	312	380	329	323			

áreas	lux medidos								
cuarto sencillo 11	310	286	326	335	290	334			
cuarto sencillo 12	289	312	348	326	336	298			
cuarto sencillo 13	326	316	356	293	327	341			
cuarto sencillo 14	737	1290	373	473	589	488			
cuarto sencillo 15	289	277	309	346	338	324			
cuarto sencillo 16	334	299	331	325	326	319			
cuarto sencillo 17	319	278	350	305	317	300			
cuarto sencillo 18	336	302	321	307	297	311			
cuarto suite 2	314	325	323	309	363	307			
cuarto suite 3	285	334	326	308	344	336			
cuarto suite 4	299	336	333	358	298	351			

Anexo 2. Especificaciones técnicas de lámparas

a) Lámpara Fluorescente Lineal, T8 32W, 6500k

Especificaciones técnicas

- Regulable **No**
- Tipo de Lámpara **Lineal**
- Código ANSI **1005-2**
- Designación de la Lámpara **F32T8/TL865/ALTO**
- Forma del Bulbo **T8**
- Lúmenes **2850**
- Inastillable **No**
- Normatividad Energy Star **No**
- Normas **UL**
- Vatios **32**
- Vida Promedio del Bulbo **36,000 hr.**
- Certificación CEE **No**
- Tecnología de Iluminación **Fluorescente**
- Carcasa del Bulbo **Vidrio/Metal**
- Índice de Reproducción Cromática **80.0**
- Potencia Alta **Sí**
- Temp. de Inicio mín. del Bulbo **10 Degrees C**
- Aplicación Principal del Bulbo **Uso General**
- Diámetro de Bulbo Eléctrico **1"**
- Tipo de la Base del Bulbo **Bipin Mediano (G13)**
- Longitud máx. del Bulbo **47-3/4"**
- Cantidad de Estuches **25**
- Artículo **Lámpara Fluorescente Lineal**
- Color de Temp. del Bulbo **6500K**
- Apariencia de la Luz **5000K y Superior, Luz de Día**

Fuente: <https://www.grainger.com.mx/producto/PHILIPS-Lámpara-Fluorescente-Lineal%2CT8%2C32W%2C6500k/p/189Y56>

b) Lámpara Led 18 Watts 2520 Lúmenes T8 1200mm G13 Marte

Ficha técnica

Marca	Ciprés Alta Eficiencia
Línea	Neptuno
Serie	PLUS 120
Tecnología de Iluminación	LED de Alta Eficiencia 140+
Tipo o figura	T8 1200mm Tubo
Base o Conector	G13 (Doble Pin T8-T12)
Consumo en Watts	18 Watts
Flujo Luminoso (lúmenes)	2520
Eficiencia Luminosa	140 lúmenes por Watt
Voltaje de operación	85-265 VAC Autoregulable
Duración o Vida útil	50,000 a 100,000 horas
Atenuable	No
Temperatura de la luz	Blanco Cool (6000-6500 Kelvin)
Angulo de luz en grados	90-180
Cuerpo	Aleación de Aluminio
Cubierta	PC Policarbonato de Alta Duración
Número de LEDs	104
Tipo de LED	SMD 5730

**Grado de Protección
de Ingreso**

IP44

Más

Beneficios:

- **Alta Eficiencia (rendimiento) en iluminación.**
- **Alto Ahorro de energía (bajo consumo energético)**
- **Alta Vida útil de hasta 50,000 horas.**
- **Alta Calidad en la luz.**
- **Alto Ahorro en costos de mantenimiento (bajo o casi nulo).**
- **Alta Versatilidad en voltaje de alimentación.**
- **Alto Ahorro en cableado de instalación.**
- **Alta Eficiencia en conversión energética (bajas pérdidas por calor (Kelvin)).**
- **Alta Seguridad en instalación y uso cotidiano.**
- **Alta Resistencia térmica y mecánica al impacto.**
- **Alta Respuesta de arranque.**
- **Alta Versatilidad en aplicaciones.**
- **Alta Protección del medio ambiente y la salud.**
- **Alta Capacidad de ser regulables (Para aplicaciones inteligentes).**
- **Alta Innovación y Diseños de iluminación.**

Fuente: <http://cipresshop.com/es/tubo/9-lampara-led-18-watts-2520-lumenes-t8-1200mm-g13-marte-750000000091.html>