



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO

---

---

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN

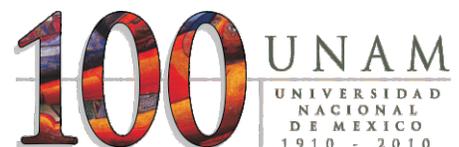
“ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA  
ILUMINACIÓN CON TECNOLOGÍA LED EN  
QUIRÓFANO HOSPITALARIO”

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
INGENIERA MECÁNICA ELECTRICISTA  
ÁREA: INGENIERÍA ELÉCTRICA ELECTRÓNICA  
P R E S E N T A :  
JESSICA CRISTINA ONTIVEROS HERNÁNDEZ

ASESOR: ING. FRANCISCO RAÚL ORTIZ GONZÁLEZ

SAN JUAN DE ARAGÓN, EDO. DE MÉXICO, 2011.





Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Primero y antes que nada, dar gracias a Dios, por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.

A mis padres con mucho cariño principalmente que me dieron la vida y han estado conmigo en todo momento. Que han sabido formarme con buenos sentimientos, hábitos y valores, lo cual me ha ayudado a salir adelante buscando siempre el mejor camino.

A mis hermanos por compartir conmigo las diferentes etapas de mi vida en las que vivimos tantos momentos memorables, divertidos y agradables.

A Edgar Santos Vicente que me brindo su apoyo incondicional durante mi carrera profesional, por la fe sin límites que tuvo en mí, gracias por el enorme impulso que en todo momento me dio la fuerza y la voluntad en mi misión de ser alguien en la vida.

A mi tío Alfredo Hernández Urbina porque siempre tuve su apoyo durante toda mi formación académica.

---

A mis amigos de la carrera de IME quisiera nombrarlos a cada uno de ustedes pero son muchos, pero eso no quiere decir que no me acuerde de cada uno , que durante estos 5 años me brindaron siempre su comprensión, apoyo y amistad, logrando que este sueño se convirtiera en realidad.

Amigos de la Clínica 29 del Seguro Social que sin esperar nada a cambio compartieron pláticas, conocimientos y diversión, que de alguna u otra forma han puesto su granito de arena contribuyendo a la realización de este trabajo.

A mis maestros por compartir conmigo todos sus conocimientos, experiencias, pero sobre todo por brindarme su amistad, en especial a mi asesor de tesis el Ing. Francisco Raúl Ortiz González por su paciencia y guía en este proyecto a quien aparte de considerarlo un amigo, admiro y respeto.

A esta hermosa Universidad por permitirme crecer en todos los aspectos de mi persona, por ofrecerme todas las actividades que contribuyeron a mi educación y porque aquí he realizado mi más grande sueño.

“Y por último: deseo dedicar este proyecto tan importante e inolvidable; a mí misma, por no dejarme vencer, ya que en ocasiones el principal obstáculo se encuentra dentro de uno”...

---

	PÁGINA
INTRODUCCIÓN	I
Capítulo 1: INFRAESTRUCTURA HOSPITALARIA	
1.1. HOSPITAL	1
1.1.1. Generalidades	2
1.2. CLASIFICACIÓN DE LAS INSTITUCIONES DE SALUD	4
1.2.1. Nivel de complejidad	6
1.2.1.1. Nivel I	6
1.2.1.2. Nivel II	7
1.2.1.3. Nivel III	9
1.2.1.4. Nivel IV	11
1.2.2. Número de camas	19
1.2.3. Localización geográfica	19
1.2.3.1. Hospital regional	19
1.2.3.2. Hospital a nivel medio	19
1.2.3.3. Hospital de nivel local, urbano o rural	20
1.2.4. Patrimonial	20
1.2.4.1. Sistema de atención pública	20
1.2.4.2. Sistema privado	20
1.2.4.3. Sistemas mixtos	21
1.2.4.4. Sistema de seguridad social	21
1.2.5. Asistencial	22
1.2.5.1. Generales	22
1.2.5.2. Monográficos	22
1.3. INFRAESTRUCTURA Y EQUIPAMIENTO HOSPITALARIO	23
1.3.1. Consulta externa	23
1.3.1.1. Consultorio medicina general o familiar	23
1.3.1.2. Consultorio de estomatología	24

1.3.2. Auxiliares de diagnostico	25
1.3.2.1. Gabinete de radiodiagnóstico	25
1.3.2.2. Laboratorio clínico	27
1.3.3. Tratamiento	28
1.3.3.1. Quirófano	28
1.3.3.2. La central de esterilización y equipos (CEYE)	29
1.3.3.3. Unidad de tocología	29
1.3.3.4. Terapia intensiva	31
1.3.4. Unidad de urgencias	32
1.3.4.1. Atención de urgencias y curaciones	32
1.3.4.2. Cuarto de choque	33
1.3.5. Unidades de servicios generales	34
1.3.5.1. Unidad de ingeniería y mantenimiento	34
1.3.5.1.1. Taller de electricidad, electrónica y equipo medico	34
1.3.5.1.2. Taller mecánico, plomería, refrigeración y A.A.	35
1.3.5.1.3. Cuarto de maquinas	36
1.3.5.2. Dietología y cocina	37
1.3.5.3. Almacén general	37
1.3.5.4. Área de lavandería	38
Capítulo 2: LA ILUMINACIÓN	39
2.1. GENERALIDADES	39
2.2. DEFINICIÓN DE LUZ	41
2.2.1. Magnitudes fotométricas	42
2.2.2. Fenómenos físicos involucrados en el control óptico de la radiación luminosa	43
2.2.2.1. Reflexión	43
2.2.2.2. Transmisión y absorción	44
2.2.2.3. Refracción	45

2.3. CLASIFICACIÓN DE DISTRIBUCIÓN LUMINOSA SEGÚN LA CIE	46
2.3.1. Iluminación directa	46
2.3.2. Iluminación semi-directa	46
2.3.3. Iluminación general difusa	47
2.3.4. Iluminación semi-indirecta	47
2.3.5. Iluminación indirecta	47
2.4. SISTEMAS DE ALUMBRADO	48
2.4.1. Alumbrado general	48
2.4.2. Alumbrado localizado	48
2.4.3. Alumbrado de emergencia	48
2.5. FUENTES DE LUZ	49
2.5.1. Lámpara incandescente	50
2.5.2. Lámpara fluorescente (baja intensidad de descarga)	52
2.5.3. Lámpara de alta intensidad de descarga (HID)	55
2.5.3.1. Lámpara de vapor de mercurio de alta presión	55
2.5.3.2. Lámpara de haluros metálicos	56
2.5.3.3. Lámpara de vapor de sodio a alta presión	56
2.5.3.4. Lámpara de vapor de sodio a baja presión	57
2.5.4. La luz del futuro (LED)	59
2.5.4.1. Definición	60
2.5.4.2. Detalles constructivos de un LED	60
2.5.4.3. Conexión	61
2.6. MÉTODOS DE CÁLCULO PARA LA ILUMINACIÓN	62
2.6.1. Aplicación del método punto X punto	62
2.6.1.1. Componentes de la iluminancia en un punto	63
2.6.1.2. Fuentes de luz puntuales	64
2.6.1.3. Fuentes de luz lineales de longitud finita	65
2.6.1.4. Componente indirecta o reflejada en un punto	65
2.6.1.5. Calculo de luminarias horizontales empleando curvas isolux	66

2.6.2. Método por lúmenes	67
2.6.2.1. Elección de la luminaria	68
2.6.2.1.1. Tipo de luminaria	68
2.6.2.1.2. Altura de las luminarias sobre el plano de trabajo	69
2.6.2.2. Factor de depreciación o de mantenimiento	69
2.6.2.3. Índice de local (K)	70
2.6.2.4. Factor de utilización	71
2.6.2.5. Calculo del número de lámparas y luminarias	73
2.6.2.5.1. Distribución de las luminarias	73
2.6.2.6. Comprobación de resultados	75
2.6.3. Método de las cavidades zonales	75
2.6.3.1. Coeficiente de utilización	76
2.6.4. Software empleado para los cálculos de iluminación	77
2.6.4.1. Software DIALUX	77
2.6.4.2. Software LUMENLUX	77
2.6.4.3. Software CALCULUX	78
2.6.4.4. Software RELUX PROFESSIONAL	78
Capítulo 3: ESTUDIO TÉCNICO-ECONÓMICO DE ILUMINACIÓN EN QUIRÓFANO	79
3.1. INTRODUCCIÓN	79
3.2. LEVANTAMIENTO FÍSICO DEL LOCAL	80
3.3. MÉTODO DE LUMEN	81
3.3.1. Datos de entrada	81

3.3.2. Nivel de iluminancia media	81
3.3.3. Índice de local	83
3.3.4. Cálculo del flujo luminoso total	84
3.3.5. Cálculo de luminarias	84
3.3.6. Fijación del emplazamiento de las luminarias	84
3.3.7. Distribución de las luminarias	85
3.3.8. Comprobación de resultados	85
3.4. SOFTWARES APLICADOS EN EL DISEÑO DE ILUMINACIÓN	86
3.4.1. Software CALCULUX INDOOR	87
3.4.2. Software DIALUX	90
3.5. PROYECTO ELÉCTRICO	94
3.5.1. Cuadro de cargas	94
3.5.2. Cálculo de las protecciones	95
3.5.3. Cálculo de los conductores de los circuitos derivados	96
3.5.4. Cálculo de las canalizaciones	96
3.5.5. Diagrama unifilar	98
3.5.6. Plano eléctrico	99
3.6. TECNOLOGÍA LED	99
3.6.1. Tubo de LED's	100

3.7. ADMINISTRACIÓN DEL PROYECTO	102
3.7.1. Programa de actividades para la nueva iluminación con tecnología LED	102
3.7.1.1. Desmante de gabinetes y lámparas	103
3.7.1.2. Tendido de cables	103
3.7.1.3. Instalación de transformadores (127-220) V	105
3.7.1.4. Instalación de gabinetes	107
3.7.1.5. Suministro y colocación de lámparas	109
3.7.1.6. Prueba y corrección de fallas	111
3.7.1.7. Presupuesto final	111
3.7.2. Programa de actividades para la iluminación Fluorescente	112
3.7.2.1. Suministro y colocación de lámparas	113
3.7.2.2. Presupuesto final	115
CONCLUSIONES	116
ANEXO (PRINCIPIOS BÁSICOS DE OPERACIÓN DE UN LED)	118
BIBLIOGRAFÍA	133
MESOGRAFÍA	136

Ante la imperiosa necesidad de revertir el daño ecológico por la emisión de gases efecto invernadero que afectan a la atmósfera que propician el calentamiento global, es necesario tomar medidas que contribuyan a la mitigación de este fenómeno.

Una de las maneras más efectivas para lograr resultados inmediatos y de trascendencia es la aplicación de acciones de Ahorro de Energía Eléctrica implementando nuevas tecnologías de eficiencia energética, debido a esto se propone el diseño de una nueva instalación con tecnología LED en un quirófano hospitalario con un consumo mucho menor que las lámparas que actualmente se usan por lo que es una opción efectiva para alternar o sustituir a las lámparas tradicionales.

La iluminación en hospitales, salas de consulta, etc., debe servir a dos objetivos fundamentales: garantizar las óptimas condiciones para desarrollar las tareas correspondientes, y contribuir a una atmósfera en la que el paciente se sienta confortable. Con la finalidad de garantizar la máxima eficiencia energética posible.

Las nuevas técnicas y equipos de iluminación de tecnología LED, son mucho más eficaces ya que ofrecen la oportunidad de acometer con éxito el compromiso entre los requerimientos de confort para el paciente, de prestación visual para el profesional, y el necesario control sobre el incremento de los costos energéticos.

Es por ello que en este trabajo se pretende establecer una instalación de iluminación con tecnología LED, en las fases de diseño, cálculo, selección de equipos y estudio técnico- económico, desde el punto de vista de la eficiencia y el ahorro energético.

A continuación se describen brevemente el contenido de los capítulos:

**CAPÍTULO I:** El objetivo de este capítulo es dar a conocer las diferentes clases de hospitales que existen, así como los requisitos mínimos de infraestructura y equipamiento hospitalario.

**CAPÍTULO II:** A lo largo de la historia, contar con luz artificial ha sido una necesidad que la humanidad ha buscado satisfacer de diversas maneras; en este capítulo detallaremos las distintas fuentes de luz que utilizamos día con día, además de los distintos métodos de cálculo para la iluminación de una casa, centro de trabajo, hospitales, etc.

**CAPÍTULO III:** Por un lado, los centros hospitalarios son espacios para el servicio social con importantes requerimientos de confort y sobre todo, de prestación de las últimas técnicas médicas. Sin embargo, por otro lado, un centro hospitalario es también un centro de servicios en el campo de la salud, que se debe regir por las reglas de la economía con respecto a la calidad y costo de sus servicios. Así que en este capítulo se realiza el estudio técnico-económico de toda la iluminación con tecnología LED.

## 1.1. HOSPITAL

En forma genérica hospital, se denomina establecimiento para la salud a cualquier ámbito físico destinado a la prestación de asistencia sanitaria en promoción, protección, recuperación y rehabilitación, en todas o en alguna de estas modalidades, dirigida a la población, con régimen de internación o no, cualquiera que sea el nivel de categorización<sup>1</sup>.

El hospital es una institución que cuenta con instalaciones permanentes donde trabajan médicos y enfermeros, además de administrativos, personal técnico y otros, que ofrece gran variedad de servicios; es parte integrante de la organización médica y social, cuya misión consiste en proporcionar a la población una asistencia médica-sanitaria completa, tanto curativa como preventiva, y cuyos servicios externos irradian hasta el ámbito familiar (Figura 1.1).



**Figura 1.1: Asistencia médica preventiva**

Es también un centro de formación del personal médico-sanitario y centro de investigación biosocial, el cual elaborara los estudios epidemiológicos y sanitarios que permitan alcanzar un acabado conocimiento de los recursos y las necesidades de salud de su área, así como la magnitud con que afectan a su población.

---

<sup>1</sup> Norma Oficial Mexicana NOM-197-SSA1-2000

### 1.1.1. GENERALIDADES

Todo establecimiento de atención médica que se menciona en la Norma Oficial Mexicana **NOM-197-SSA1-2000** artículo 5:

- Definir las diferentes unidades, áreas y espacios que lo integran, de acuerdo con lo que se describa en las actividades médicas del establecimiento.
- Contar con un responsable sanitario de acuerdo a la normatividad vigente, además para establecimientos que cuenten con servicios de auxiliares de diagnóstico y apoyo médico, deben contar con los responsables que se indican en otras normas oficiales mexicanas aplicables. Para los consultorios independientes de atención médica especializada, el médico es el responsable sanitario.
- De acuerdo a la magnitud del establecimiento, el responsable sanitario puede delegar funciones en personal capacitado, como administradores, jefes de servicios o en los comités intrahospitalarios.
- El responsable sanitario, jefe de servicio o los comités intrahospitalarios, según sea el caso, son los encargados de verificar la existencia de manuales de operación y, en su caso, de buenas prácticas de los dispositivos médicos, así como, de los accesorios para su funcionamiento, en los servicios del establecimiento; efectuar o revisar las anotaciones referentes a las acciones de calibración y mantenimiento, así como, de la capacitación del personal que labore en el establecimiento, registrando en las bitácoras correspondientes.
- Contar con las facilidades arquitectónicas, de mobiliario, instrumental y equipo en cantidad suficiente, para efectuar las actividades médicas que proporcione el establecimiento, disponiendo de un área apropiada para espera, así como, de

servicios sanitarios, los cuales de acuerdo a la organización arquitectónica y funcional del establecimiento pueden ser compartidos por las diferentes áreas.

- Los establecimientos que se construyan deben considerar las condiciones del terreno, acorde al medio ambiente físico y natural.
- En localidades donde es reconocido el riesgo potencial de ciclones, sismos, inundaciones, desgajamientos y grietas, es necesario establecer las condiciones de seguridad en la construcción de nuevos establecimientos.
- Esto incluye el fijar los aparatos y equipos a la infraestructura de tal forma que no dañe dicha estructura.
- Utilizar materiales de construcción, instalaciones eléctricas, hidráulicas, sanitarias y de gases que cumplan con las normas oficiales mexicanas aplicables.
- Considerar en el proyecto arquitectónico lo necesario tanto para un acceso directo, rápido y seguro al establecimiento, así como para el egreso, incluyendo lo necesario para las personas con discapacidad y adultos mayores, de acuerdo con lo que establece la NOM-001-SSA2-1993. Esto incluye los mecanismos de transporte y movimiento de pacientes dentro del establecimiento de manera que garantice la seguridad integral del paciente.
- Asegurar el suministro de los insumos energéticos y de consumo necesarios, como son los de energía eléctrica con los circuitos e interruptores adecuados, cumpliendo con lo referente a la calidad del agua potable para uso y consumo humanos.
- Asegurar el manejo integral de los residuos peligrosos biológico -infecciosos.

- Los criterios para la aplicación de acabados son, en el caso de pisos: materiales antiderrapantes, lisos, lavables; para muros: materiales lisos y que no acumulen polvo; para áreas húmedas: superficies repelentes al agua; para plafones: superficie lisa, continua, de fácil limpieza y mantenimiento.
- Brindar mantenimiento preventivo, correctivo y sustitutivo a todo el equipo médico, de acuerdo a los estándares recomendados por el fabricante y las necesidades de la unidad operativa; llevando una bitácora específica para cada equipo que así lo requiera, conforme a lo establecido en los apéndices normativos. Así como dictaminar la baja de los equipos y realizar procedimientos para sustitución o incorporación de equipos apropiados a las necesidades y condiciones de infraestructura de la unidad operativa.
- Las acciones de mantenimiento deben incluir la infraestructura, instalaciones y equipamiento del establecimiento y realizarse por personal capacitado, ya sea del propio establecimiento o de acuerdo a lo convenido en el contrato respectivo, el cual debe ser mostrado en caso necesario.

## **1.2. CLASIFICACIÓN DE LAS INSTITUCIONES DE SALUD.**

Los lineamientos de política del sector salud crean un nuevo enfoque en las funciones del hospital, es por ello imperativo cambiar sus actuales estructuras organizativas, reorientándolas en su nuevo quehacer como hospital de apoyo.

Las antiguas áreas hospitalarias consideraban al hospital como cabeza de la red de servicios, con un supuesto rol predominante preventivo – promocional; los resultados reales no confirmaron este supuesto y más bien se le convirtió en el receptor y usuario de todos los recursos destinados a la periferie, a la que despojó aún más.

En la nueva concepción de la red periférica con el centro de salud como eje, el hospital de apoyo es realmente lo que su denominación señala, sirviendo de soporte técnico administrativo, así como facilitador del sistema de referencia contra referencia.

La adecuación del hospital clásico a esta imagen-objetivo ha tenido dificultades, pues la realidad nacional presenta hospitales construidos en ubicación inadecuada, incoherentes en cuanto a su capacidad y equipamiento (Figura 1.2).

Es por ello que debemos tener el conocimiento de los diferentes tipos de clasificación de los hospitales para poder ofrecer al usuario un mejor servicio, optimizando su organización y funcionamiento a fin que brinden atención integral y del más alto nivel de calidad en la comunidad a la que sirve.



**Figura 1.2 Equipo necesario para una intervención quirúrgica**

### **1.2.1 NIVEL DE COMPLEJIDAD**

La estructura de la Clasificación de Instituciones de Salud está organizada en varios niveles:

- NIVEL I.- Corresponde al grupo que identifica el sector al que pertenecen las instituciones de salud.
- NIVEL II.- Corresponde a la clase de instituciones.
- NIVEL III.- Es la subclase con la que se identifica el tipo de instituciones de salud y/o seguridad social públicas o privadas.
- NIVEL IV.-El cuarto y último nivel son los tipos de unidades médicas.

A continuación se presenta una descripción más detallada de cada uno de los niveles de la Clasificación de Instituciones de Salud.

#### **1.2.1.1. NIVEL I**

Prestan atención médica integral a nivel primario y secundario tanto médico como de odontología. Sirven de referencia a nivel ambulatorio. Se encuentran ubicados en poblaciones hasta de 20,000 habitantes, y con un área de influencia demográfica hasta de 100,000 habitantes entre 20 y 60 camas.

Se suministran diagnósticos médicos y tratamientos de primera línea, procedimientos médicos menores (tales como sutura y cura de heridas y extracciones dentales); cuidados prenatales y servicio de planificación familiar y educación sanitaria. Algunos centros tienen camas de hospitalización para admisión de pocos pacientes y para partos normales.

Están organizados para prestar los servicios de colaboración:

- Farmacia con medicamentos esenciales, vacunas (si hay frigorífico)
- Equipo para exámenes de laboratorio simples, anestesia, radiodiagnóstico y emergencia.

El primer nivel, está conformado de un total de 6 grupos (Tabla 1.1). El criterio adoptado para definir los grupos está basado en la agrupación de las instituciones de salud de acuerdo con el sector al que pertenecen, separando de aquellas que quedan ubicadas fuera del país o cuyas descripciones no corresponden a instituciones de salud. El grupo se identifica por el primer dígito, de izquierda a derecha, de la clave numérica de la Clasificación de Instituciones de Salud. La clave y el nombre del grupo son los siguientes:

CLAVE	GRUPO
1	INSTITUCIONES DEL SECTOR PÚBLICO
2	INSTITUCIONES DEL SECTOR PRIVADO
3	ASEGURADORAS, BANCOS Y OTRAS INSTITUCIONES DE PREPAGO DE SERVICIOS MEDICOS
4	INSTITUCIONES DE SALUD DEL RESTO DEL MUNDO
5	DESCRIPCIONES PARA NO DERECHOHABIENCIA
6	DERECHOHABIENCIA NO ESPECIFICADA

**Tabla 1.1: Fuente: Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI).**

#### 1.2.1.2. NIVEL II

Prestan atención médica integral de nivel primario, secundario y algunos del nivel terciario. Se encuentran ubicados en poblaciones mayores de 20,000 habitantes con área de influencia hasta de 100,000 habitantes, se manejan entre 60 y 150 camas de hospitalización.

Brinda atención a pacientes externos, radiología, servicio de laboratorio (por ejemplo: VIH, paludismo y tuberculosis); cirugía bajo anestesia y almacenamiento de vacunas bajo frío. Además, proporciona formación, especialmente educación continua para trabajadores de salud, en administración y en la coordinación de los programas sanitarios del distrito.

Pueden desarrollar actividades docentes-asistenciales de nivel pre y post-grado académicas y de investigación:

- Servicios de colaboración y diagnóstico.
- Servicios diferenciados de enfermería, trabajo social y dietética.
- Puede contar con una sección de Fisioterapia.
- Prestan los siguientes servicios, clínico básicos:
  - Servicio de Cardiología.
  - Servicio de Psiquiatría.
  - Dermatología-Venereología y Neumología.
  - Cirugía: Traumatología.
  - Oftalmología-Otorrinolaringología.
  - Ginecología y Obstetricia-Pediatría.

El segundo nivel, está conformado de un total de 10 clases de instituciones. El criterio en el que se basa para conformar las diferentes clases de instituciones de salud estriba en la identificación de las instituciones de salud públicas y privadas que brindan servicios a la población derechohabiente y no derechohabiente.

La clase de instituciones se identifica por los primeros dos dígitos, de izquierda a derecha, de la clave numérica de la Clasificación de Instituciones de Salud. La clave y el nombre de las clases de instituciones son los siguientes (Tabla 1.2):

CLAVE	GRUPO
11	INSTITUCIONES DE SALUD Y SEGURIDAD SOCIAL
12	INSTITUCIONES DE SALUD PUBLICAS
19	OTRO TIPO DE INSTITUCIONES Y PROGRAMAS DE SALUD PUBLICA O SEGURIDAD SOCIAL
21	INSTITUCIONES DE SALUD PRIVADAS QUE BRINDAN SERVICIOS SUBROGADOS
22	INSTITUCIONES DE SALUD
31	ASEGURADORAS, BANCOS Y OTRAS INSTITUCIONES DE PREPAGO DESERVICIOS MEDICOS
41	INSTITUCIONES DE SALUD PRIVADAS DE ESTADOS UNIDOS Y OTROS PAÍSES
51	INSTITUCIONES DE SALUD PRIVADAS DE ESTADOS UNIDOS Y OTROS PAÍSES
91	INSTITUCIÓN DE DERECHOHABIENCIA NO ESPECIFICADA
92	CONDICIÓN DE DERECHOHABIENCIA NO ESPECIFICADA

**Tabla 1.2: Fuente: Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI).**

### 1.2.1.3. NIVEL III

Transferencias del nivel secundario; hospitales escuela; equipo clínico y personal para tratar condiciones especiales; servicio de urgencias y consulta de pacientes externos. Se encuentran ubicados en poblaciones mayores de 60,000 habitantes con áreas de influencia hasta por 400,000 habitantes, dentro de su organización cuenta con una capacidad que oscila entre 150 a 300 camas, y debe contar con los siguientes servicios:

- Medicina: Reumatología, Neurología, Gastroenterología y Rehabilitación.
- Cirugía: Urología, Otorrinolaringología, Oftalmología, y Traumatología.
- Gineco-Obstetricia y Pediatría.

El tercer nivel de la estructura, está conformado de un total de 21 subclases. El criterio en el que se basa para conformar las diferentes subclases de instituciones de salud es la identificación de los diferentes tipos de instituciones de salud públicas y privadas que brindan servicios a la población derechohabiente y no derechohabiente.

CLAVE	SUBCLASE INSTITUCIONES
121	SECRETARÍA DE SALUD (SSA)
122	IMSS OPORTUNIDADES
123	UNIDADES MÉDICAS DEL SISTEMA NACIONAL PARA EL DESARROLLO INTEGRAL DE LA FAMILIA (SNDIF)
129	OTRO TIPO DE INSTITUCIONES DE SALUD PÚBLICAS
191	OTRO TIPO DE INSTITUCIONES Y PROGRAMAS DE SALUD PÚBLICA O SEGURIDAD SOCIAL
211	INSTITUCIONES DE SALUD PRIVADAS QUE BRINDAN SERVICIOS MÉDICOS SUBROGADOS
221	INSTITUCIONES DE SALUD PRIVADAS
222	INSTITUCIONES PRIVADAS DE BENEFICENCIA
229	OTRO TIPO DE INSTITUCIONES DE SALUD PRIVADAS
311	ASEGURADORAS, BANCOS Y OTRAS INSTITUCIONES DE PREPAGO DE SERVICIOS MÉDICOS
411	INSTITUCIONES DE SALUD DE ESTADOS UNIDOS Y OTROS PAÍSES
511	DESCRIPCIONES PARA NO DERECHOHABIENCIA
911	INSTITUCIÓN DE DERECHOHABIENCIA NO ESPECIFICADA
921	CONDICIÓN DE DERECHOHABIENCIA NO ESPECIFICADA

**Tabla 1.3: Fuente: Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI).**

La subclase de instituciones se identifica por los primeros tres dígitos, de izquierda a derecha, de la clave numérica de la Clasificación de Instituciones de Salud. La clave y el nombre de la subclase de instituciones son los se encuentran en la (Tabla 1.3).

También este tipo de hospitales permite el desarrollo de funciones de docencia a nivel de pre-grado de medicina y puede ser sede de residentes programados de post-grado en las especialidades básicas ya que cumple funciones de investigación.

#### **1.2.1.4. NIVEL IV**

Prestan atención médica integral en los 3 niveles de proyección hacia un área regional. Se encuentran ubicados en poblaciones mayores de 100,000 habitantes y con área de influencia superior al 1, 000,000 de habitantes y presenta más de 300 camas de hospitalización.

Cuenta con unidades de estancia y albergue de pacientes; los departamentos clínicos básicos deben contar con departamentos de emergencia y medicina crítica.

Las mismas funciones que el hospital III y los siguientes servicios:

- Cirugía compuesta: Neurocirugía, Ortopedia y Patología.
- Medicina compuesta: Inmunología, Endocrinología, Geriátrica, Medicina del trabajo, Medicina nuclear y Genética médica.

Este tipo de hospitales cumple además actividades de docencia de pre-grado y post-grado a todo nivel, pudiendo ser sede de alguna Facultad de Medicina y desarrollar también actividades de investigación en todos los niveles.

El cuarto nivel de la estructura, está conformado de un total de 45 tipos de unidades médicas en que se dividen las diferentes subclases de instituciones de salud. El criterio en el que se basa para conformar los tipos de unidades médicas es su agrupación en tres grandes rubros de acuerdo al nivel de atención que brindan: las unidades, clínicas o centros de salud que corresponden al primer nivel de atención de la salud, los hospitales y centros médicos que son las unidades médicas de segundo y tercer nivel

de atención de la salud, y otro tipo de descripciones de unidades médicas que no es posible ubicarlas en los dos niveles anteriores.

La estructura del tipo de unidades médicas es para cada subclase de instituciones, con excepción de las instituciones privadas, del resto del mundo y otro tipo de descripciones en los cuales la información es generalmente insuficiente para identificar el nivel en el que se ubican.

El tipo de unidad médica se identifica por los cuatro dígitos de la clave numérica de la Clasificación de Instituciones de Salud. A manera de ejemplo, en la siguiente tabla tenemos la clave y el tipo unidades médicas del Instituto Mexicano del Seguro Social (Tabla 1.4):

CLAVE	TIPO DE UNIDAD MEDICA
1111	UNIDADES O CLÍNICAS DE MEDICINA FAMILIAR DEL IMSS
1112	HOSPITALES Y CENTROS MÉDICOS DEL IMSS
1119	OTRAS DESCRIPCIONES O TIPOS DE UNIDADES MÉDICAS DEL IMSS

**Tabla 1.4: Fuente: Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI).**

Como parte de la Clasificación de Instituciones de Salud, para todos los tipos de unidades médicas de cada institución se agrega un listado de los nombres de las unidades médicas a las que se asigna la misma clave del tipo de unidad médica en función de la subclase de institución de que se trate. Asimismo, con la finalidad de facilitar el manejo de la clasificación, el listado de las unidades médicas públicas y privadas se presenta por entidad federativa.

Cabe señalar, que dicho listado de unidades médicas en sentido estricto no es un clasificador, dado que en cada entidad federativa existen un sin fin de unidades médicas con el mismo nombre y el clasificador solamente contempla una descripción de

la misma. La siguiente (Tabla 1.5) es una versión abreviada sobre los diferentes tipos de unidades médicas México:

GRUPO	CLASE	SUBCLASE		TIPO DE UNIDAD MEDICA
<b>1</b>				<b>INSTITUCIONES DE SALUD DEL SECTOR PÚBLICO</b>
	<b>11</b>			INSTITUCIONES DE SALUD Y DE SEGURIDAD SOCIAL
		<b>111</b>		INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL (IMSS)
			<b>1111</b>	UNIDADES O CLÍNICAS DE MEDICINA FAMILIAR
			<b>1112</b>	HOSPITALES Y CENTROS MÉDICOS
			<b>1119</b>	OTRAS DESCRIPCIONES O TIPOS DE UNIDADES MÉDICAS DEL IMSS
		<b>112</b>		INSTITUTO DE SEGURIDAD Y SERVICIOS SOCIALES DE LOS TRABAJADORES DEL ESTADO (ISSSTE)
			<b>1121</b>	CLÍNICAS O UNIDADES DE MEDICINA FAMILIAR
			<b>1122</b>	HOSPITALES Y CENTROS MÉDICOS
			<b>1129</b>	OTRAS DESCRIPCIONES O TIPOS DE UNIDADES MÉDICAS DEL ISSSTE
		<b>113</b>		INSTITUCIONES DE SALUD Y/O SEGURIDAD SOCIAL DE LOS GOBIERNOS ESTATALES
			<b>1131</b>	CLÍNICAS O UNIDADES DE CONSULTA EXTERNA

GRUPO	CLASE	SUBCLASE		TIPO DE UNIDAD MEDICA
		<b>113</b>		INSTITUCIONES DE SALUD Y/O SEGURIDAD SOCIAL DE LOS GOBIERNOS ESTATALES
			<b>1132</b>	HOSPITALES O SANATORIOS
			<b>1139</b>	OTRAS DESCRIPCIONES O TIPOS DE UNIDADES MÉDICAS DE LOS GOBIERNOS ESTATALES
		<b>114</b>		INSTITUCIONES DE SALUD DE PETRÓLEOS MEXICANOS
			<b>1141</b>	CLÍNICAS O UNIDADES DE CONSULTA EXTERNA
			<b>1142</b>	HOSPITALES Y CENTROS MÉDICOS
			<b>1149</b>	OTRAS DESCRIPCIONES O TIPOS DE UNIDADES MÉDICAS
		<b>115</b>		INSTITUCIONES DE SALUD DE LA SECRETARÍA DE LA DEFENSA NACIONAL
			<b>1151</b>	CLÍNICAS O UNIDADES DE CONSULTA EXTERNA
			<b>1152</b>	HOSPITALES Y CENTROS MÉDICOS
			<b>1159</b>	OTRAS DESCRIPCIONES O TIPOS DE UNIDADES MÉDICAS
		<b>116</b>		INSTITUCIONES DE SALUD DE LA SECRETARÍA DE MARINA
			<b>1161</b>	CLÍNICAS O UNIDADES DE CONSULTA EXTERNA
			<b>1162</b>	HOSPITALES Y CENTROS MÉDICOS
			<b>1169</b>	OTRAS DESCRIPCIONES O TIPOS DE UNIDADES MÉDICAS

GRUPO	CLASE	SUBCLASE		TIPO DE UNIDAD MEDICA
		<b>119</b>		OTRAS INSTITUCIONES DE SALUD Y SEGURIDAD SOCIAL
			<b>1191</b>	CLINICAS O UNIDADES DE CONSULTA EXTERNA
			<b>1192</b>	HOSPITALES O SANATORIOS
			<b>1199</b>	OTRAS DESCRIPCIONES O TIPOS DE UNIDADES MÉDICAS DE LA SECRETARÍA DE SALUD
	<b>12</b>			INSTITUCIONES DE SALUD PÚBLICAS
		<b>121</b>		SECRETARÍA DE SALUD (SSA)
			<b>1211</b>	CENTROS DE SALUD, CLINICAS O UNIDADES DE CONSULTA EXTERNA
			<b>1212</b>	HOSPITALES Y CENTROS MÉDICOS
			<b>1219</b>	OTRAS DESCRIPCIONES O TIPOS DE UNIDADES MÉDICAS DE LA SECRETARÍA DE SALUD
		<b>122</b>		IMSS OPORTUNIDADES
			<b>1221</b>	UNIDADES MÉDICAS, CLÍNICAS O UNIDADES DE CONSULTA EXTERNA
			<b>1222</b>	HOSPITALES
			<b>1229</b>	OTRAS DESCRIPCIONES O TIPOS DE UNIDADES MÉDICAS DEL IMSS OPORTUNIDADES
		<b>123</b>		UNIDADES DEL SISTEMA NACIONAL PARA EL DESARROLLO INTEGRAL DE LA FAMILIA (SNDIF)
			<b>1231</b>	CENTROS DE SALUD Y REHABILITACIÓN

GRUPO	CLASE	SUBCLASE		TIPO DE UNIDAD MEDICA
			<b>1232</b>	HOSPITALES
			<b>1239</b>	OTRAS DESCRIPCIONES O TIPOS DE UNIDADES MÉDICAS DEL SNDIF
		<b>129</b>		OTRO TIPO DE INSTITUCIONES DE SALUD PÚBLICAS
			<b>1291</b>	UNIDADES DE CONSULTA EXTERNA
			<b>1292</b>	HOSPITALES O SANATORIOS
			<b>1299</b>	OTRO TIPO DE DESCRIPCIONES DE UNIDADES MÉDICAS DE INSTITUCIONES DE SALUD PÚBLICA
	<b>19</b>			OTRO TIPO DE INSTITUCIONES Y PROGRAMAS DE SALUD PÚBLICA O SEGURIDAD SOCIAL
		<b>191</b>		OTRO TIPO DE INSTITUCIONES Y PROGRAMAS DE SALUD PÚBLICA O SEGURIDAD SOCIAL
			<b>1911</b>	INSTITUCIONES O PROGRAMAS DE SALUD PÚBLICA O SEGURIDAD SOCIAL
<b>2</b>				<b>INSTITUCIONES DE SALUD DEL SECTOR PRIVADO</b>
	<b>21</b>			INSTITUCIONES DE SALUD PRIVADAS QUE BRINDAN SERVICIOS MEDICOS SUBROGADOS
		<b>211</b>		INSTITUCIONES DE SALUD PRIVADAS QUE BRINDAN SERVICIOS MEDICOS SUBROGADOS
			<b>2111</b>	CLÍNICAS O UNIDADES DE CONSULTA EXTERNA
	<b>22</b>			INSTITUCIONES DE SALUD PRIVADAS
		<b>221</b>		INSTITUCIONES PRIVADAS DE SALUD
			<b>2211</b>	UNIDADES MÉDICAS DEL SECTOR PRIVADO

GRUPO	CLASE	SUBCLASE		TIPO DE UNIDAD MEDICA
		<b>222</b>		INSTITUCIONES PRIVADAS DE BENEFICIENCIA
			<b>2221</b>	UNIDADES MÉDICAS DE BENEFICIENCIA
		<b>229</b>		OTRO TIPO DE INTITUCIONES DE SALUD PRIVADAS
			<b>2291</b>	OTRO TIPO DE DESCRIPCIONES DE UNIDADES MÉDICAS DE INSTITUCIONES PRIVADAS
<b>3</b>				<b>ASEGURADORAS, BANCOS Y OTRAS INSTITUCIONES DE PREPAGO DE SERVICIOS MÉDICOS</b>
	<b>31</b>			ASEGURADORAS, BANCOS Y OTRAS INSTITUCIONES DE PREPAGO DE SERVICIOS MÉDICOS
		<b>311</b>		ASEGURADORAS, BANCOS Y OTRAS INSTITUCIONES DE PREPAGO DE SERVICIOS MÉDICOS
			<b>3111</b>	ASEGURADORAS
		<b>311</b>		ASEGURADORAS, BANCOS Y OTRAS INSTITUCIONES DE PREPAGO DE SERVICIOS MÉDICOS
			<b>3112</b>	BANCOS
			<b>3119</b>	OTRO TIPO DE DESCRIPCIONES DE PREPAGO DE SERVICIOS MÉDICOS
<b>4</b>				<b>INSTITUCIONES DE SALUD DEL RESTO DEL MUNDO</b>
	<b>41</b>			INSTITUCIONES DE SALUD DE ESTADOS UNIDOS Y OTROS PAÍSES

GRUPO	CLASE	SUBCLASE		TIPO DE UNIDAD MEDICA
		<b>411</b>		INSTITUCIONES DE SALUD DE ESTADOS UNIDOS Y OTROS PAÍSES
			<b>4111</b>	INSTITUCIONES DE SALUD DE ESTADOS UNIDOS Y OTROS PAÍSES
<b>5</b>				<b>DESCRIPCIONES PARA NO DERECHOHABIENCIA</b>
	<b>51</b>			DESCRIPCIONES PARA NO DERECHOHABIENCIA
		<b>511</b>		DESCRIPCIONES PARA NO DERECHOHABIENCIA
			<b>5111</b>	DESCRIPCIONES PARA NO DERECHOHABIENCIA
<b>9</b>				<b>INSTITUCIÓN DE DERECHOHABIENCIA NO ESPECIFICADA</b>
	<b>91</b>			INSTITUCIÓN DE DERECHOHABIENCIA NO ESPECIFICADA
		<b>911</b>		INSTITUCIÓN DE DERECHOHABIENCIA NO ESPECIFICADA
			<b>9111</b>	INSTITUCIÓN DE DERECHOHABIENCIA NO ESPECIFICADA
	<b>92</b>			INSTITUCIÓN DE DERECHOHABIENCIA NO ESPECIFICADA
		<b>921</b>		INSTITUCIÓN DE DERECHOHABIENCIA NO ESPECIFICADA
			<b>9211</b>	INSTITUCIÓN DE DERECHOHABIENCIA NO ESPECIFICADA

Tabla 1.5: FUENTE: Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI).

### **1.2.2. NÚMERO DE CAMAS**

Son los hospitales que constituyen la dotación fija de camas para la atención adecuada de pacientes ingresados, incluyendo las incubadoras fijas, así como las destinadas a cuidados especiales: intensivos, coronarios, quemados, etc.

- Hospital Pequeño: hasta 49 camas.
- Hospital Mediano: 50 hasta 149 camas.
- Hospital Grande: 150 hasta 399 camas.
- Hospital Extra Grande: 400 camas a más camas.

### **1.2.3. LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA**

Son los hospitales que se clasifican de acuerdo al lugar en donde estén ubicados geográficamente para poder ofrecer la atención médica adecuada a sus pacientes.

#### **1.2.3.1. HOSPITAL REGIONAL**

Es un hospital central o base, de nivel especializado y alta tecnología; presta toda clase de tratamientos y servicios diagnósticos y está vinculado a la formación del personal sanitario. Acostumbra tener entre 300 a 1,000 camas, aunque lo recomendable sería alrededor de 600 y da cobertura a zonas de más de 1 millón de habitantes.

#### **1.2.3.2. HOSPITAL A NIVEL MEDIO**

También se le conoce como hospital provincial. Dispone de servicios básicos de medicina, cirugía, obstetricia, pediatría, y algunas especialidades. Con 200 o 300 camas, puede dar cobertura a una población de 250,000 habitantes.

### **1.2.3.3. HOSPITAL DE NIVEL LOCAL, URBANO O RURAL**

En algunas comunidades autónomas se le denomina (COMARCAL). Puede dar una atención primaria del tipo de medicina general. Dispone de 50 a 100 camas y da cobertura a poblaciones no superiores a 60,000 habitantes.

### **1.2.4. PATRIMONIAL**

La dependencia patrimonial se refiere a la persona física o jurídica propietaria, al menos, del inmueble ocupado por el centro sanitario.

#### **1.2.4.1. SISTEMA DE ATENCIÓN PÚBLICA**

Modelo exclusivamente público en el aseguramiento, financiamiento y provisión de los servicios. En un sistema único integrado verticalmente. Financiado con recursos del Estado sin participación de los ciudadanos. A la cabeza del sistema se encuentra un ministerio de salud. Ofrece alta equidad y solidaridad, pero sin libertad para el usuario y con problemas de eficiencia.

#### **1.2.4.2. SISTEMA PRIVADO**

Es un modelo que utiliza preferencialmente la afiliación de los ciudadanos a seguros privados de salud como mecanismo de acceso a los servicios. Existen grandes compañías privadas de seguros que ofrecen a los empleadores o directamente a los individuos, pólizas de salud con coberturas variables. Las primas corresponden al riesgo calculado con base a las características de los usuarios y su historial de uso de los servicios de salud. Las compañías utilizan diversos mecanismos para compartir el costo de los servicios con los usuarios, como los deducibles, los copagos, los coseguros y los topes en los saldos. La entrega de servicios está a cargo de proveedores, generalmente privados, en un ambiente de libre mercado, donde los

precios están determinados por las condiciones de dicho mercado. Este sistema ofrece poca equidad y solidaridad.

#### **1.2.4.3. SISTEMAS MIXTOS**

Es un modelo caracterizado por la coexistencia de varios sectores aseguradores y prestadores de servicios de salud sin una normatividad única que los cubra, lo que se refleja en deficientes coberturas con duplicidad y en diferente nivel de desarrollo de estos sectores. Es una combinación de todos los modelos.

Al sistema público llegan las personas de bajos recursos, que están excluidas del sistema de seguridad social. A este solo ingresan los trabajadores de los sectores formales público, privado y sus beneficiarios. Al componente privado de estos sistemas mixtos llegan individuos de niveles altos que pagan los servicios directamente o compran seguros privados que atienden el pago de los servicios asociados a las diferentes modalidades, lo cual se traduce en inequidad, baja solidaridad, duplicidad de atención para grupos privilegiados e incompletas coberturas.

#### **1.2.4.4. SISTEMA DE SEGURIDAD SOCIAL**

Es un modelo centrado en el derecho ciudadano a la seguridad social. Forma parte del Sistema General de Seguridad Social y en su financiamiento participan en mayor o menor grado las contribuciones obrero-patronales. Para pagar la afiliación de los ciudadanos de muy bajos ingresos se utilizan subsidios de diverso orden e impuestos generales o específicos. Pueden organizarse con asegurador estatal y red pública de prestadores de servicios pero todos cubiertos por una normatividad en común. Los gobiernos regionales o entidades específicas asumen el rol de aseguradores y articuladores de la entrega del servicio por proveedores públicos o privados. Este modelo tiene el potencial de ser el más equitativo y solidario.

### **1.2.5. ASISTENCIAL**

Por finalidad del centro se entiende aquella actividad asistencial a la que dedique la mayor parte de sus recursos, tanto humanos como de equipamiento.

#### **1.2.5.1. GENERALES**

Aquel destinado a la atención de pacientes afectos de patología variada y que atiende las áreas de medicina, cirugía, obstetricia y ginecología y pediatría. También se considera general cuando, aún faltando o estando escasamente desarrollada alguna de estas áreas, no se concentre la mayor parte de su actividad asistencial en una determinada.

#### **1.2.5.2. MONOGRÁFICOS**

Cuando la asistencia se centre en determinados procesos patológicos, el hospital tiene la consideración, en función de éstos, de: Psiquiátrico, Oncológico, Oftalmológico, Traumatología y/o Rehabilitación, etc.

En el caso de que el centro dedique su actividad fundamentalmente a cirugía, Obstetricia y/o Pediatría, se le considera, respectivamente, como Quirúrgico, Maternal y/o Infantil (Figura 1.3).

Cuando dedique su atención a enfermos de edad avanzada o que precisen estancias prolongadas, se le considera Geriátrico y/o Larga Estancia.



**Figura 1.3.: Hospital de la Mujer en Culiacán.**

### **1.3. INFRAESTRUCTURA Y EQUIPAMIENTO HOSPITALARIO**

La XXII Conferencia Sanitaria Panamericana en su resolución XXI definió el desarrollo de los Sistemas de Salud como uno de los aspectos básicos en la estrategia de atención primaria hacia la meta de Salud para todos. Uno de los componentes más importantes en el desarrollo de los Sistemas Locales es aquel que tiene que ver con la infraestructura física, obras civiles y equipamiento. Es sabido que una adecuada distribución de espacio y facilidades contribuye a una mejor calidad de trabajo médico, de enfermería y disciplinas afines.

A continuación se definen los espacios mínimos (ambientes) de un hospital con capacidad de 100-200 camas, espacios que variaran en relación al tamaño y nivel de complejidad del establecimiento.

Se incluye el listado de ambientes solamente como ejemplo, ya que cada proyecto tiene su manejo individual adaptado a las características propias de la Organización de Salud del país (regionalización, niveles de atención, complejidad, etc.)

#### **1.3.1. CONSULTA EXTERNA**

Es el establecimiento que ofrece atención regular de salud impartida por personal calificado a una persona no hospitalizada ni en el servicio de urgencias.

##### **1.3.1.1. CONSULTORIO MEDICINA GENERAL O FAMILIAR**

Al establecimiento donde se desarrollan las actividades de promoción, prevención, diagnóstico, tratamiento y rehabilitación de pacientes ambulatorios (Figura 1.4). Debe de contar con el siguiente equipo médico:

- Esfigmomanómetro mercurial, aneroide o eléctrico con brazalete de tamaño que requiera para su actividad principal.



**Figura 1.4: Ejemplo de un consultorio de medicina familiar.**

- Estetoscopio biauricular.
- Estetoscopio Pinard.
- Estuche de diagnóstico (oftalmoscopio opcional).
- Báscula con estadímetro.
- Báscula pesa bebe.
- Lámpara con haz direccionable.

### **1.3.1.2. CONSULTORIO DE ESTOMATOLOGÍA**

Es el establecimiento en el que se desarrollan actividades preventivas, curativas y de rehabilitación dirigidas a mantener el estado de salud bucal de las personas (Figura 1.5). Debe de contar con el siguiente equipo médico:



**Figura 1.5: Ejemplo de un consultorio de estomatología**

- Compresora de aire para unidad dental con arranque y paro automático, con sistema automático de purga de condensados, filtros de aire.
- Unidad dental con charola, porta-instrumentos, escupidera y lámpara.
- Sillón dental con plataforma y respaldo reclinable.

### **1.3.2. AUXILIARES DE DIAGNÓSTICO**

Son los servicios auxiliares de diagnóstico y tratamiento como apoyo a la atención médica.

#### **1.3.2.1. GABINETE DE RADIODIAGNÓSTICO**

Unidad de atención médica, que utilice aparatos de rayos X para estudios con fines diagnósticos que no requieren medios de contraste (Figura 1.6). Debe de contar con el siguiente equipo médico:

- Equipo de radiodiagnóstico de 300 mA o más; soporte de tubo; seriógrafo con intensificador de imagen (para equipo con fluoroscopia); bucky vertical, soporte pediátrico para tórax.
- Lámpara de haz dirigible.
- Portavenoclisis rodable.
- Revelador de carga automática o manual.
- Sistema de secado de radiografías (placas) cuando es revelado manual.
- Negatoscopio.
- Lámpara de luz intensa.
- Negatoscopio de dos campos.



**Figura 1.6: Ejemplo de un gabinete de radiodiagnóstico.**

### 1.3.2.2. LABORATORIO CLÍNICO

Establecimiento de atención médica, dedicado al análisis físico, químico y biológico de diversos componentes del cuerpo humano, cuyos resultados coadyuvan en el tratamiento de los problemas médicos (Figura 1.7). Debe de contar con el siguiente equipo médico:

- Lámpara de haz dirigible.
- Refrigerador.
- Agitador para pipeta.
- Baño María, con termómetro.
- Cámara de Newbauer.
- Centrífuga.
- Contador de ocho teclas.
- Cronómetro.
- Espectrofotómetro.
- Lector para hematocrito.
- Micro centrífuga.
- Microscopio binocular de campo claro.
- Pipeta automática de diferentes lambdas.
- Para análisis de hemoglobina sustitución opcional equipo automatizado.
- Para cuenta automática de células sanguíneas sustitución opcional equipo electrónico.
- Reloj de intervalos.
- Ecurridor para tubos y matraces.
- Esterilizador de calor húmedo.
- Horno para secado.



**Figura 1.7: Ejemplos de diferentes laboratorios clínicos.**

### 1.3.3. TRATAMIENTO

Conjunto de servicios orientados a efectuar algún procedimiento terapéutico, que en mayor o menor medida, complementa el tratamiento general que el médico ha determinado.

#### 1.3.3.1. QUIRÓFANO

Al local donde se realizan las intervenciones quirúrgicas y aquellos procedimientos de diagnóstico y tratamiento que requieren efectuarse en un local aséptico (Figura 1.8).

Debe de contar con el siguiente equipo médico:

- Aspirador de succión regulable.
- Equipo básico para anestesia.
- Estetoscopio.
- Esfigmomanómetro.
- Lámpara de emergencia portátil.
- Lámpara sin sombras para cirugía.
- Monitor de signos vitales: ECG, presión arterial no invasivo, temperatura, oxímetro.
- Negatoscopio.
- Reloj para quirófano con segundo.
- Portavenoclisis rodable.
- Unidad electro quirúrgica.



**Figura 1.8: Ejemplo de un quirófano.**

### 1.3.3.2. LA CENTRAL DE ESTERILIZACIÓN Y EQUIPOS (CEYE)

Conjunto de espacios arquitectónicos con características de asepsia especiales, con áreas y equipos específicos donde se lavan, preparan, esterilizan, guardan momentáneamente y distribuyen, equipo, materiales, ropa e instrumental utilizados en los procedimientos médicos quirúrgicos, tanto en la sala de operaciones como en diversos servicios del hospital (Figura 1.9). Debe de contar con el siguiente equipo médico:

- Esterilizador.



**Figura 1.9: Ejemplo de una central de esterilización (CEYE)**

### 1.3.3.3. UNIDAD DE TOCOLOGÍA.

Al conjunto de áreas, espacios y locales donde se valora, prepara, vigila y atiende a la mujer embarazada, así como a su producto (Figura 1.10). Debe de contar con el siguiente equipo médico:

- Esfigmomanómetro.
- Estetoscopio biauricular.
- Estetoscopio de Pinard (o equipo equivalente para captar, contar o graficar los ruidos cardíofetales y de la contracción uterina).
- Estuche de diagnóstico con oftalmoscopio.
- Lámpara de haz dirijible.
- Aspirador portátil para succión regulable.
- Báscula pesa bebés.
- Equipo básico para anestesia.
- Lámpara para emergencias portátil.
- Lámpara de haz dirijible.
- Mesa carro anestesiólogo.
- Reloj de pared eléctrico y de pilas.
- Resucitador para recién nacidos, balón, válvula y mascarilla.
- Portavenoclisis rodable.



**Figura 1.10: Ejemplo de unidad de tocología.**

#### 1.3.3.4. TERAPIA INTENSIVA.

Al espacio físico con el equipamiento especializado para recibir pacientes en estado crítico, que exigen asistencia médica y de enfermería permanente, con equipos de soporte de la vida (Figura 1.11). Debe de contar con el siguiente equipo médico:

- Carro “rojo” completo. Desfibrilador.
- Equipo de intubación endotraqueal completo (balón, válvula y mascarilla).
- Equipos completos para caterización asogástrica, vesical y venosa.
- Marcapasos externo transitorio a demanda con dos cables catéteres.
- Respirador mecánico volumétrico.
- Sistema de monitoreo de frecuencia cardíaca, electrocardiograma, oxímetro y presión arterial por método no invasivo y por excepción con técnica invasiva.
- Sistema para la aspiración por aparatos de succión portátiles o por un sistema general.
- Sistema para oxigenación de cada paciente.



**Figura 1.11: Ejemplo de terapia intensiva.**

### 1.3.4. UNIDAD DE URGENCIAS

Es la unidad de atención que se da al ingreso de un paciente al hospital, a través del servicio de urgencias, y que debido a una condición crítica de salud no ha pasado por el servicio de consulta externa correspondiente

#### 1.3.4.1. ATENCIÓN DE URGENCIAS Y CURACIONES

Al conjunto de áreas y espacios destinados a la atención inmediata de problemas médico-quirúrgicos que ponen en peligro la vida, un órgano o una función del paciente, disminuyendo el riesgo de alteraciones mayores (Figura 1.12). Debe de contar con el siguiente equipo médico:

- Esfigmomanómetro de pared o monitor de presión no invasivo.
- Estetoscopio biauricular.
- Estuche de disección.
- Lámpara de haz dirigible.
- Negatoscopio.
- Sierra para yesos.
- Portavenoclisis rodable.



**Figura 1.12: Ejemplo de un área de urgencias**

### 1.3.4.2. CUARTO DE CHOQUE

El área o cuarto de choque debe estar ubicada contigua a observación, cercana al acceso de ambulancias y al consultorio de Valoración (Figura 1.13). Debe de contar con el siguiente equipo médico:

- Desfibrilador con monitor de un canal integrado al carro rojo.
- Estetoscopio.
- Esfigmomanómetro de pared o su equivalente tecnológico.
- Estuche de diagnóstico con oftalmoscopio.
- Lámpara de haz dirigible.
- Monitor de signos vitales: ECG, presión arterial no invasivo, temperatura, oxímetro.
- Portavenoclisis rodable.
- Ventilador (resucitador: balón, válvula y mascarilla).



**Figura 1.13: Ejemplo de un cuarto de choque.**

### **1.3.5. UNIDADES DE SERVICIOS GENERALES**

Una división que reúne las siguientes áreas de actividad: gestión económica, presupuestaria y financiera; gestión administrativa en general, política de personal y suministros y las unidades de los siguientes servicios de hostelería.

#### **1.3.5.1. UNIDAD DE INGENIERÍA Y MANTENIMIENTO**

Se ubica de preferencia en un lugar de fácil comunicación a todas las unidades que integran el establecimiento. Debe de contar con el siguiente equipo:

##### **1.3.5.1.1. TALLER DE ELECTRICIDAD, ELECTRÓNICA Y EQUIPO MÉDICO**

Establecimiento en donde se reparan equipos médicos que hay dentro de un hospital (Figura 1.14). Debe de contar con el siguiente equipo:

- Cautín con base.
- Generador de funciones.
- Multímetro.
- Osciloscopio.
- Regulador de voltaje.
- Tornillo para sujetar tablillas electrónicas.



**Figura 1.14: Ejemplo de un taller de electrónica.**

### 1.3.5.1.2. TALLER MECÁNICO, PLOMERÍA, REFRIGERACIÓN Y AIRE ACONDICIONADO

Establecimiento que se encarga de reparar en las instalaciones hidráulicas y sanitarias, el aire acondicionado y el daño que pueda sufrir el mobiliario que hay en un hospital (Figura 1.15). Debe de contar con el siguiente equipo:

- Compresora.
- Equipo para soldar autógeno (de acuerdo al tamaño del establecimiento).
- Equipo para soldar eléctrico (de acuerdo al tamaño del establecimiento).
- Taladro de mano.
- Taladro vertical.
- Tornillo giratorio para banco de trabajo.
- Esmeril con visera protectora para banco.
- Sistema de carga de gases



**Figura 1.15: Ejemplo de un taller de refrigeración y aire acondicionado.**

### 1.3.5.1.3. CUARTO DE MÁQUINAS

Es el área en donde se encuentra la subestación eléctrica y la planta de emergencia de un hospital (Figura 1.16). Debe de contar con el siguiente equipo:

- Planta de emergencia de energía eléctrica de tamaño apropiado al establecimiento Sistema de calentamiento del agua y en su caso de generación de vapor.
- Cisterna con hidroneumático con sistema de bombeo para emergencias.
- Subestación eléctrica, sistema para la acometida y distribución.



**Figura 1.16: Subestación eléctrica de un hospital.**

### 1.3.5.2. DIETOLOGÍA Y COCINA

A la unidad que se encarga de calcular, obtener, almacenar, conservar, preparar y distribuir los alimentos (Figura 1.17). Debe de contar con el siguiente equipo:

- Estufa de cuatro quemadores industrial (o adecuada al tamaño del establecimiento).
- Horno rectangular.
- Licuadora industrial.
- Marmita de vapor.
- Refrigerador.



**Figura 1.17: Ejemplo de una unidad de dietología.**

### 1.3.5.3. ALMACÉN GENERAL

Son áreas de recepción, clasificación y resguardo de: insumos, materiales, partes y refacciones que se requieren para el correcto funcionamiento del establecimiento (Figura 1.18). Debe de contar con el siguiente equipo:

- Sistema de refrigeración.



**Figura 1.18: Ejemplo de almacén general.**

#### **1.3.5.4. ÁREA DE LAVANDERÍA**

Unidad que se encarga de recolectar, clasificar y contar la ropa sucia, para su lavado, desinfección y almacenamiento (Figura 1.19). Debe de contar con el siguiente equipo:

- Báscula de plataforma.
- Lavadora extractora.
- Máquina de coser.
- Planchadora.
- Tómbola secadora.



**Figura 1.19: Ejemplo del área de lavandería.**

## 2.1. GENERALIDADES

A lo largo de la historia, contar con luz artificial ha sido una necesidad que la humanidad ha buscado satisfacer de diversas maneras. Ésta produce sensación de seguridad, tanto dentro de una habitación como en la calle, porque puedes ver los obstáculos y a las personas que se acercan. A nadie se le antoja transitar por calles oscuras. Pero también es una forma de cambiar el ritmo impuesto por la naturaleza y prolongar el tiempo para la realización de actividades que la oscuridad impediría

Una de las primeras formas de iluminación artificial utilizadas aunque no se buscaba específicamente ese propósito fue el fuego. Para el hombre primitivo este descubrimiento, además de servirle para mitigar el frío, ahuyentar a los animales y, posteriormente, cocer los alimentos, le permitió adentrarse en las cuevas donde se refugiaba, las cuales estaban en oscuridad completa.

Cuando surgieron las antiguas civilizaciones agrícolas en Egipto, Mesopotamia e India, y edificaron las primeras ciudades, los templos y palacios eran alumbrados con recipientes que contenían brasas; éstas proporcionaban además de un poco de claridad, calor durante la noche.

Los fenicios, pueblo de navegantes que comerciaba con las ciudades edificadas sobre las costas del mar Mediterráneo, guiaban a su flota mercante encendiendo fogatas en los montículos más elevados; así evitaban que se perdieran en la oscuridad.

El uso de velas data a los principios de la era cristiana y su fabricación es probablemente una de las industrias más antiguas. Las primeras velas eran hechas con palos de madera recubiertos con cera de abeja. Se piensa que los fenicios fueron los primeros en usar velas de cera (400 d.C.). El uso de velas no era tan común como el de lámparas de aceite, pero su uso se incremento durante el Medievo. Durante los siglos XVI al XVIII, las velas eran la forma más común para iluminar los interiores de los

edificios. Velas en elaborados candelabros se utilizaron como fuente de iluminación hasta que fueron sustituidas en 1834 con el recientemente descubierto gas.

Posteriormente, los griegos empezaron a utilizar lámparas de aceite, algunos otros pueblos las elaboraban del sebo obtenido de los animales que sacrificaban. Todas estas opciones tenían ciertas desventajas: producían bastante humo y la llama carecía de protección en caso de que soplara el viento. Sin embargo, era ya algo mejor que las antorchas y brasas; más práctico también.

Durante muchos años hubo pocos cambios con un depósito para el combustible que inicialmente era aceite de ballena, después se utilizó petróleo o queroseno una mecha de tela y un tubo de vidrio que protegía del viento a la llama, lo cual permitía que la luz fuese más brillante y estable. Posteriormente, contando con el quinqué como antecedente, llegaron al alumbrado de gas que se instaló en las calles de las ciudades.

En el siglo XIX iniciaron, también en Inglaterra, los primeros experimentos de alumbrado eléctrico. Crearon diversos prototipos de lámparas incandescentes; pero fue en 1879, cuando el estadounidense Thomas Alva Edison la perfeccionó de tal modo que pudo pensarse en emplearla comercialmente. De ahí hasta ahora han surgido múltiples mejoras y focos o bombillas que tienen usos más especializados (Figura 2.1).



**Figura 2.1: Ejemplo de las diferentes fuentes de iluminación.**

## 2.2. DEFINICIÓN DE LUZ

Se llama luz (del latín lux, lucis) a la combinación de campos eléctricos y magnéticos oscilantes, que se propagan a través del espacio transportando energía de un lugar a otro que puede ser percibida por el ojo humano<sup>1</sup>.

La luz forma parte del espectro electromagnético (Figura 2.2) que comprende tipos de ondas tan dispares como los rayos cósmicos, los rayos gamma, los ultravioletas, los infrarrojos y las ondas de radio o televisión entre otros. Cada uno de estos tipos de onda comprende un intervalo definido por una magnitud característica que puede ser: la longitud de onda ( $\lambda$ ) o la frecuencia (f). Recordemos que la relación entre ambas es:

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

- la longitud de onda ( $\lambda$ )
- la frecuencia (f)
- la velocidad de la luz en el vacío ( $c = 3 \cdot 10^8$  m/s).

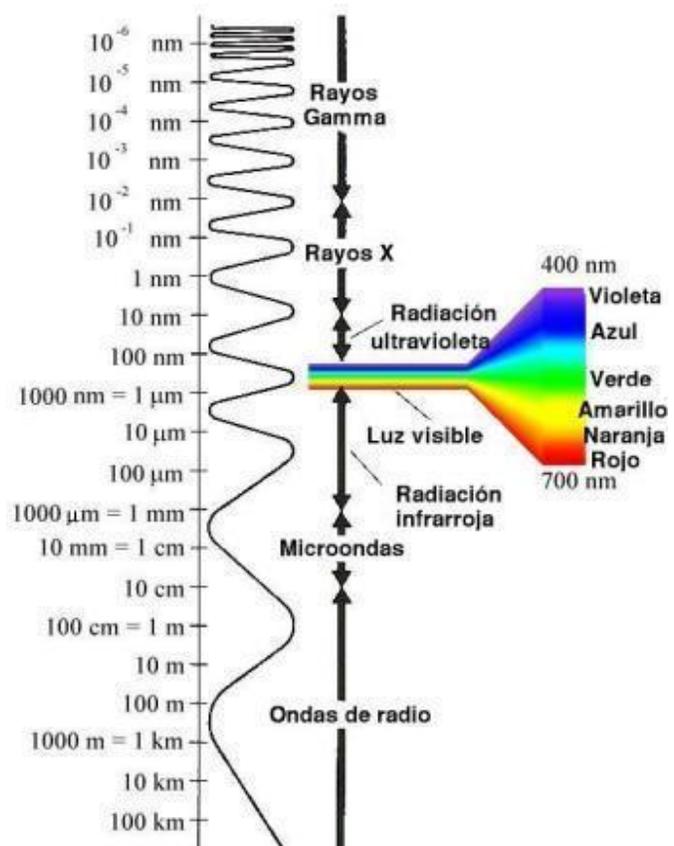


Figura 2.2: Espectro electromagnético

<sup>1</sup>Wilson, Jerry D. , Buffa, Anthony J. "Física ", Pearson Educación , Mexico, 2003.

### 2.2.1. MAGNITUDES FOTOMÉTRICAS

A continuación se detallan las diferentes magnitudes fotométricas (Tabla 2.1).

MAGNITUD	SIMBOLO	UNIDAD	DEFINICIÓN DE LA UNIDAD	RELACIONES
FLUJO LUMINOSO	$\Phi$	LUMEN (lm)	COMO LA POTENCIA (W) EMITIDA EN FORMA DE RADIACIÓN LUMINOSA.	$\Phi = i/\omega$
RENDIMIENTO	H	LUMEN POR VATIO (lm/w)	ES EL COCIENTE ENTRE EL FLUJO LUMINOSO TOTAL EMITIDO Y LA POTENCIA TOTAL CONSUMIDA POR LA FUENTE.	$H = \Phi/w$
CANTIDAD DE LUZ	Q	LUMEN POR SEGUNDO (lm s)	FLUJO LUMINOSO OBTENIDO POR UNIDAD DE TIEMPO.	$Q = \Phi.T$
INTENSIDAD LUMINOSA	I	CANDELA (cd)	ES LA DENSIDAD DE LUZ DENTRO DE UN PEQUEÑO ÁNGULO SÓLIDO, EN UNA DIRECCIÓN DETERMINADA.	$I = \Phi/\omega$
ILUMINANCIA	E	LUX (lx)	ES EL FLUJO LUMINOSO INCIDENTE POR UNIDAD DE SUPERFICIE DE 1 M <sup>2</sup> .	$E = \Phi/S$
LUMINANCIA	L	CANDELA POR m <sup>2</sup> (cd/m <sup>2</sup> )	ES LA RELACIÓN ENTRE LA INTENSIDAD LUMINOSA Y LA SUPERFICIE APARENTE.	$L = I/S$

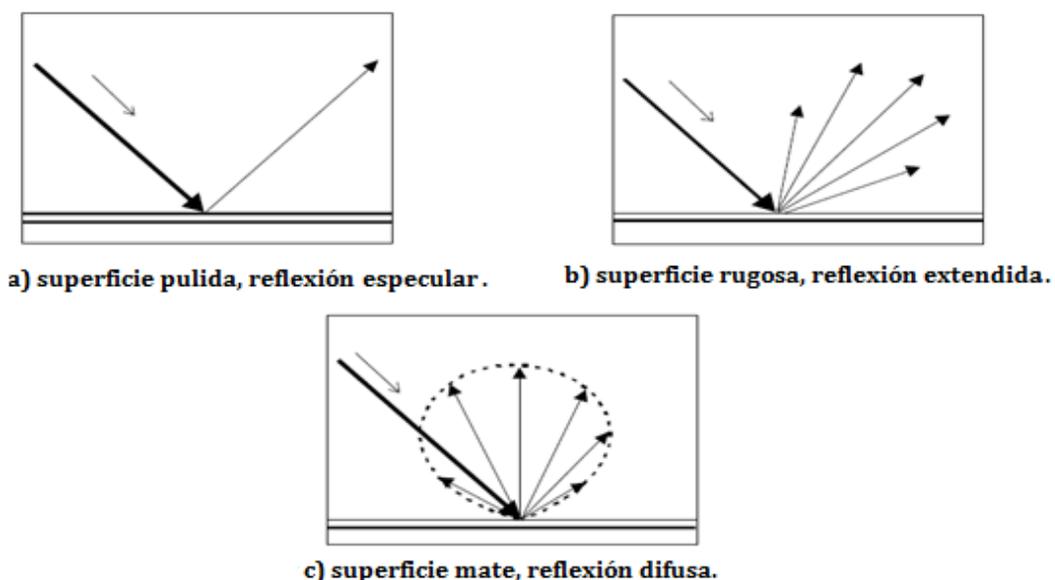
Tabla 2.1: Principales magnitudes fotométricas

## 2.2.2. FENÓMENOS FÍSICOS INVOLUCRADOS EN EL CONTROL ÓPTICO DE LA RADIACIÓN LUMINOSA

El estudio de la luz revela una serie de características y efectos al interactuar con la materia, como lo son: la reflexión, transmisión y refracción.

### 2.2.2.1. REFLEXIÓN

Al incidir luz sobre un cuerpo este se refleja total o parcialmente, en forma especular o difusa, en general en forma mixta, y con una composición espectral diferente según sea la interacción de la luz con la materia y su dependencia con la longitud de onda<sup>2</sup>. Este fenómeno es decisivo en la construcción de luminarias pues la forma de la óptica reflectora permite una orientación precisa de la luz siendo un elemento fundamental en el rendimiento del artefacto. La mayoría de los elementos reflectores combinan los tres tipos de reflexión-especular-extendida y difusa-dependiendo del tipo de superficie, como se muestra en la (Figura 2.3).

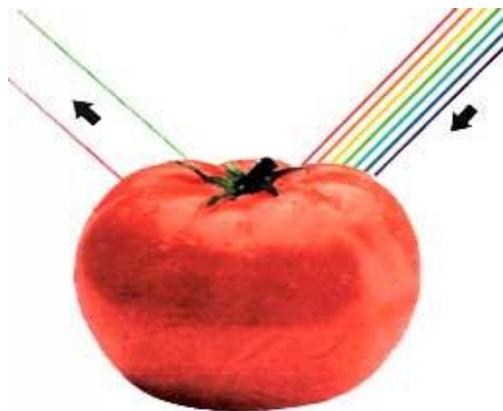


**Figura 2.3: El tipo de reflexión depende de la superficie.**

<sup>2</sup> Beatriz M. O' Donell. Luminarias para la iluminación de interiores. España

### 2.2.2.2. TRANSMISIÓN Y ABSORCIÓN

Cuando la radiación luminosa incide sobre un cuerpo es absorbida total o parcialmente según las características del mismo. En la construcción de luminarias la absorción plantea el compromiso entre dos aspectos, por un lado se aprovecha el apantallamiento de fuentes de luz lo que es imprescindible para lograr un adecuado nivel de confort visual, por el otro, reduce el rendimiento de la luminaria<sup>3</sup>. Si la intensidad de la radiación de todas las longitudes de onda que llega a un cuerpo se reduce en aproximadamente la misma proporción, el material muestra una absorción general, caso contrario presenta una absorción selectiva espectralmente. Algunos materiales como el vidrio, el plástico, los textiles, los cristales, etc. son buenos transmisores de luz; el porcentaje de luz transmitida depende del factor de transmitancia del material y del espesor atravesado. Los medios transparentes no modifican la dirección de la radiación transmitida, mientras que los materiales traslucidos son aquellos que desvían la luz de su dirección original, en particular, los materiales difusores son aquellos que transmiten la luz en todas direcciones. También se utilizan materiales difusores, por ejemplo vidrio, para evitar efectos de deslumbramiento mediante la reducción de la luminancia (Figura 2.4).



**Figura 2.4: El tomate puede ser de color rojo, pero porque el ojo recibe la luz roja obtenida por la hortaliza, absorbe el verde y el azul reflejando solamente el rojo.**

---

<sup>3</sup> Ibid

### 2.2.2.3. REFRACCIÓN

Cuando los rayos de luz pasan de un medio transmisor a otros de diferente densidad óptica, como por ejemplo del aire al vidrio, se produce el fenómeno de la refracción, es decir, se modifica la velocidad de propagación y su dirección, excepto cuando la luz entra en dirección perpendicular a la superficie del nuevo medio<sup>4</sup>. La relación de la velocidad de propagación en un medio a la velocidad de la luz en el vacío se llama índice de refracción y depende de la frecuencia de la radiación electromagnética. El cambio en la dirección original de propagación depende del índice de refracción de los dos medios, para la particular longitud de onda involucrada, y del ángulo de incidencia (Figura 2.5).

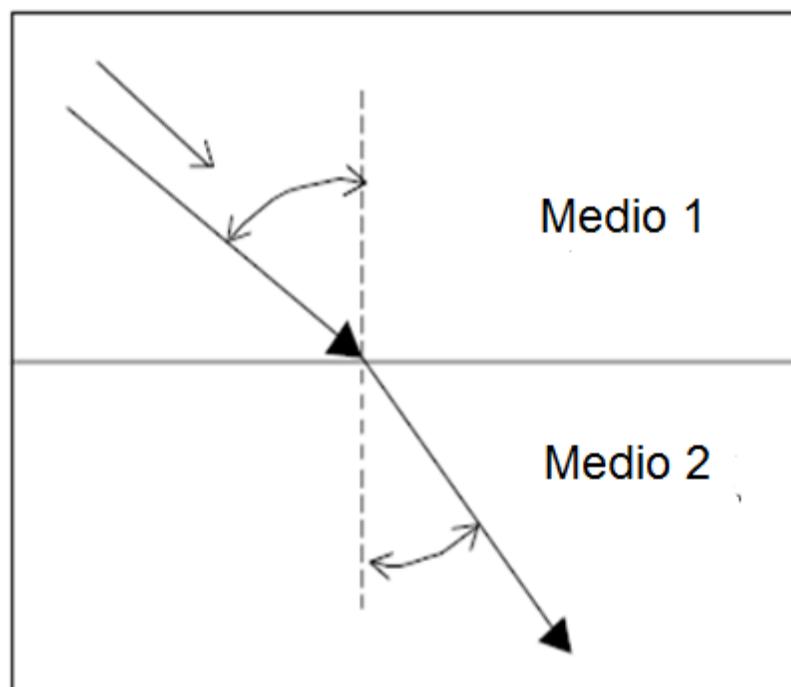


Figura 2.5: Fenómeno de refracción de la luz cuando pasa de un medio a otro.

---

<sup>4</sup> Ibid

## 2.3. CLASIFICACIÓN DE DISTRIBUCIÓN LUMINOSA SEGÚN LA CIE

Esta clasificación está basada en el porcentaje de flujo luminoso total emitido por encima o por debajo del plano horizontal que atraviesa la lámpara. La Comisión Internacional de Iluminación (CIE1986) reconoce a las siguientes distribuciones de intensidad luminosa, en artefactos de iluminación interior, desde iluminación totalmente directa a totalmente indirecta.

### 2.3.1. ILUMINACIÓN DIRECTA

Cuando el porcentaje de luz emitida hacia abajo es del 90 al 100%. La distribución puede variar desde aquellas de haz abierto hasta la de haz estrecho, dependiendo del material reflector, terminación, contorno y controles óptimos empleados (Figura 2.6).

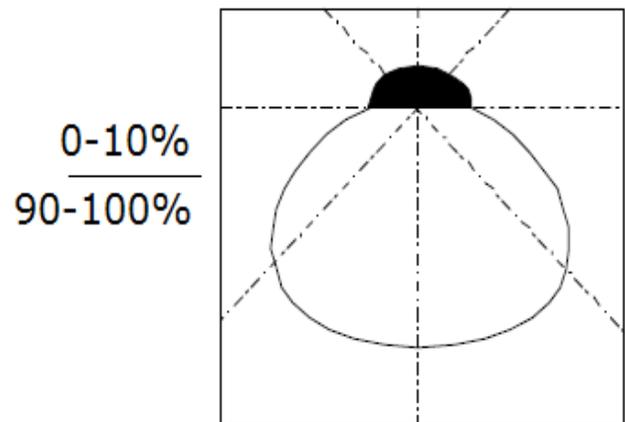


Figura 2.6: Ejemplo de iluminación directa.

### 2.3.2. ILUMINACIÓN SEMI-DIRECTA.

Cuando entre el 60 al 90% del flujo luminoso es emitido hacia abajo y el resto hacia el techo o paredes superiores (Figura 2.7).

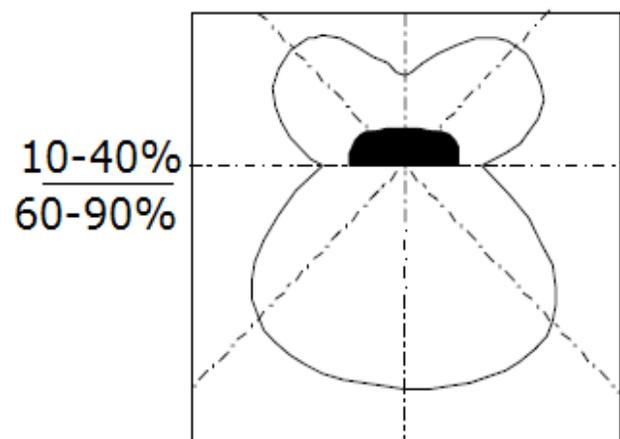


Figura 2.7: Ejemplo de iluminación semi-directa.

### 2.3.3. ILUMINACIÓN GENERAL DIFUSA

Cuando el porcentaje del flujo luminoso, entre el 40 al 60% es emitido en igual cantidad hacia arriba y hacia abajo (Figura 2.8).

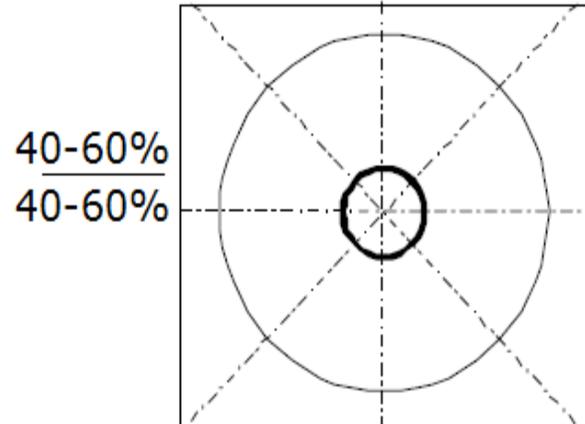


Figura 2.8: Ejemplo de iluminación general difusa.

### 2.3.4. ILUMINACIÓN SEMI-INDIRECTA

Cuando el sistema emite entre el 60 al 90% de su flujo luminoso hacia arriba (Figura 2.9).

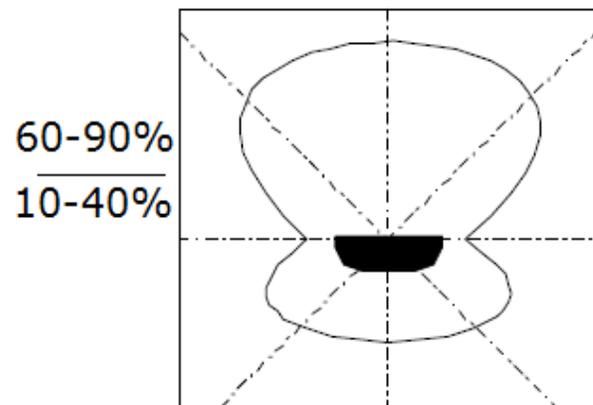


Figura 2.9: Ejemplo de iluminación semi indirecta.

### 2.3.5. ILUMINACIÓN INDIRECTA

Es el caso cuando entre el 90 al 100% del flujo luminoso es emitido hacia arriba sobre el techo o paredes superiores (Figura 2.10).

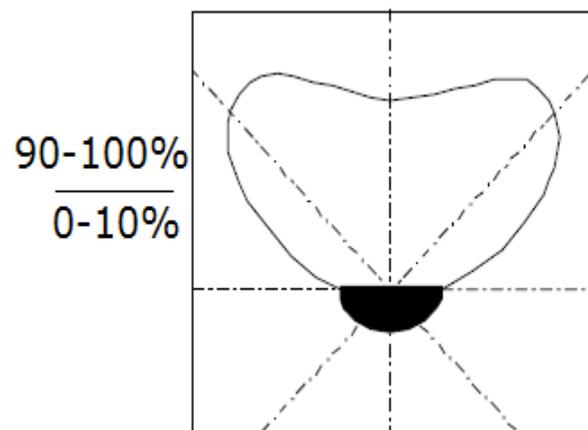


Figura 2.10: Ejemplo de iluminación indirecta.

## **2.4. SISTEMAS DE ALUMBRADO**

Con la finalidad de cumplir los objetivos fundamentales de la iluminación en los centros de asistencia médica se deben emplear los sistemas de alumbrado que se definen a continuación:

### **2.4.1. ALUMBRADO GENERAL**

Se denomina así al alumbrado de un espacio que no se tiene en cuenta las necesidades particulares de ciertos puntos determinados. Este alumbrado puede ser provisto por diferentes tipos de lámparas.

### **2.4.2. ALUMBRADO LOCALIZADO**

Es el utilizado para una tarea específica, adicional al alumbrado general y controlado independientemente. En los centros asistenciales se tienen diferentes aéreas que demandan del alumbrado localizado para realizar los trabajos que requieren de gran cuidado, un ejemplo es el uso de las lámparas Scialíticas empleadas en el quirófano.

### **2.4.3. ALUMBRADO DE EMERGENCIA**

Es aquel que debe permitir, en caso de falta del alumbrado general, la evacuación segura y fácil del público hacia el exterior. Este sistema debe ser alimentado por fuentes propias de energía, sean o no exclusivas para dicho alumbrado, pero no por fuente de suministro exterior. Cuando la fuente propia de energía este constituida por baterías de acumuladores o por aparatos autónomos automáticos, se podrá utilizar un suministro exterior para proceder a su carga.

El alumbrado de emergencia deberá poder funcionar durante un mínimo de una hora y estará previsto para entrar en funcionamiento automáticamente al producirse la falta de los alumbrados generales, o cuando la tensión de esta baje a menos del 70% de su valor nominal por más de tres segundos.

## 2.5. FUENTES DE LUZ

Se denomina luminaria al dispositivo que distribuye, filtra o transforma la luz emitida por una o más lámparas, que incluye todos los componentes necesarios para fijarlas y protegerlas y, donde corresponda, los equipos auxiliares, así como los medios auxiliares para la conexión eléctrica de iluminación.<sup>5</sup>

Las primeras luminarias fueron desarrolladas para posibilitar un montaje seguro (Figura 2.11). A medida que se dispuso de lámparas más potentes, primero las de gas y luego las lámparas eléctricas, surgió la necesidad de lograr con estas luminarias una distribución luminosa apropiada, aumentando así la eficacia del sistema. Para esto se utilizaron elementos constructivos convenientes recurriendo a diferentes fenómenos físicos para controlar la emisión de luz; de esta manera fue posible satisfacer las diferentes necesidades de iluminación del medio ambiente y el usuario, en cuanto eficiencia y confort visual, así como la necesidad de aprovechar lo más posible la energía utilizada.



**Figura 2.11: Ejemplos de diferentes luminarias.**

Para lograr de estos objetivos, una luminaria debe proveer las siguientes funciones:

- Distribuir adecuadamente la luz en el espacio.
- Evitar toda causa de molestia provocada por deslumbramiento o brillo excesivo.
- Optimizar el rendimiento energético, aprovechando la mayor cantidad de flujo luminoso entregado por las lámparas.

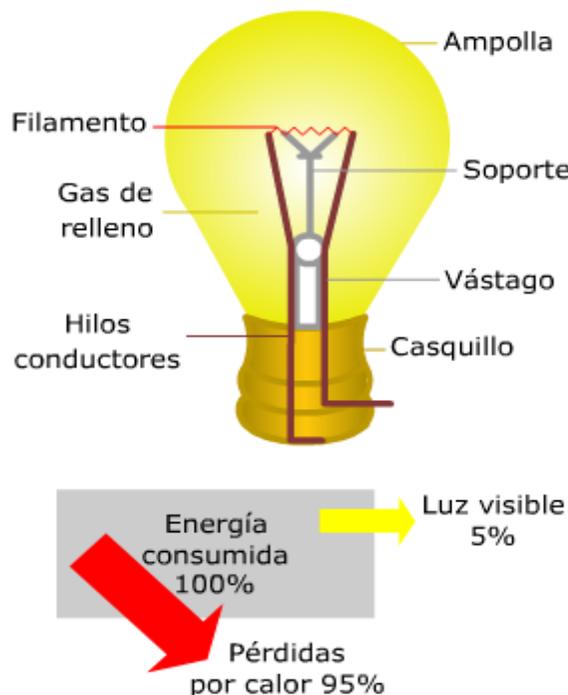
---

<sup>5</sup> <http://edison.upc.edu/curs/llum/lamparas/luminar1.html>

### 2.5.1. LÁMPARA INCANDESCENTE

Fuente o dispositivo de iluminación en la que la luz se produce por un filamento calentado a incandescencia al paso de una corriente eléctrica. Los materiales de filamento más típicos son el Wolframio y el Tungsteno, los cuales soportan elevadas temperaturas de fusión (3.410 °C) para que la proporción entre la energía luminosa y la energía térmica generada por el filamento aumente a medida que se incrementa la temperatura, obteniéndose la fuente luminosa más eficaz a la temperatura máxima del filamento.<sup>6</sup>

En la (Figura 2.12) se aprecian los elementos constructivos más importantes así como la distribución de energía (en %) para una lámpara incandescente.



**Figura 2.12: Elementos de la lámpara Incandescente.**

<sup>6</sup> [http://www.aproi.net/index.php?option=com\\_content&view=article&id=39:clasificacion-de-las-fuentes-luminosas-electricas-&catid=19:sistema-electrico-industrial&Itemid=24](http://www.aproi.net/index.php?option=com_content&view=article&id=39:clasificacion-de-las-fuentes-luminosas-electricas-&catid=19:sistema-electrico-industrial&Itemid=24)

Por otra parte, las características relevantes que definen este tipo de lámpara se enuncian en la siguiente (Tabla 2.2):

PARÁMETRO	CARACTERÍSTICA
TEMPERATURA DEL COLOR	ENTRE 1.100 Y 3.200 K
ÍNDICE DE REPRODUCCIÓN DEL COLOR	ENTRE 85 Y 100 (MUY BUENO - EXCELENTE)
POTENCIAS TÍPICAS	25, 40, 60, 75, 100, 150, 200 W
FLUJO LUMINOSO *	228, 386, 622, 688, 1.292, 1.950, 2.900 LÚMENES
RENDIMIENTO LUMINOSO *	9,1 - 9,6 - 10,4 - 9,2 - 12,9 - 13 - 15,5 LÚMENES/VATIO
VIDA ÚTIL	EN PROMEDIO 1.000 H (2.000 H SI SON ALÓGENAS)
INFLUENCIA DEL VOLTAJE	DEBE SER LO MÁS CERCANO POSIBLE EL VALOR NOMINAL DE LA LÁMPARA (+ Ó - 5% DEL NOMINAL).
CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS	SE PUEDE ALIMENTAR TANTO EN CC COMO EN CA. NO PRODUCE EFECTO ESTROBOSCÓPICO.
APLICACIONES	ALUMBRADO DOMÉSTICO Y SEÑALIZACIÓN. NO SON RENTABLES PARA ALUMBRADO DE GRANDES ESPACIOS CON ALTO NIVEL DE ILUMINACIÓN, NI PARA NAVES INDUSTRIALES O LOCALES COMERCIALES CON ALTURAS SUPERIORES A 4m.

**Tabla 2.2: Características de la lámpara incandescente.**

### 2.5.2. LÁMPARA FLUORESCENTE (BAJA INTENSIDAD DE DESCARGA)

La lámpara fluorescente es otro tipo de dispositivo de descarga eléctrica empleado para aplicaciones generales de iluminación. Se trata de una lámpara de vapor de mercurio de baja presión contenida en un tubo de vidrio, revestido en su interior con un material fluorescente conocido como fósforo. La radiación en el arco de la lámpara de vapor hace que el fósforo se torne fluorescente. La mayor parte de la radiación del arco es luz ultravioleta invisible, pero esta radiación se convierte en luz visible al excitar al fósforo.<sup>7</sup>

Una variedad importante de las lámparas fluorescentes son las compactas (ahorradoras o electrónicas), las cuales representa un importante adelanto tecnológico en cuanto a espacio, rendimiento luminoso y ahorro de energía. Disponibles en una variedad de diseños y formas físicas, las lámparas fluorescentes compactas han llevado al diseño de de iluminación de la nueva generación para un rango completo de aplicaciones comerciales, residenciales e industriales, y brindan ahorro en energía y una mayor vida útil respecto a las bombillas incandescentes. De hecho, una lámpara fluorescente compacta puede brindar los mismo Lúmenes que una bombilla incandescente a casi un cuarto de la demanda de potencia (Figura 2.13).

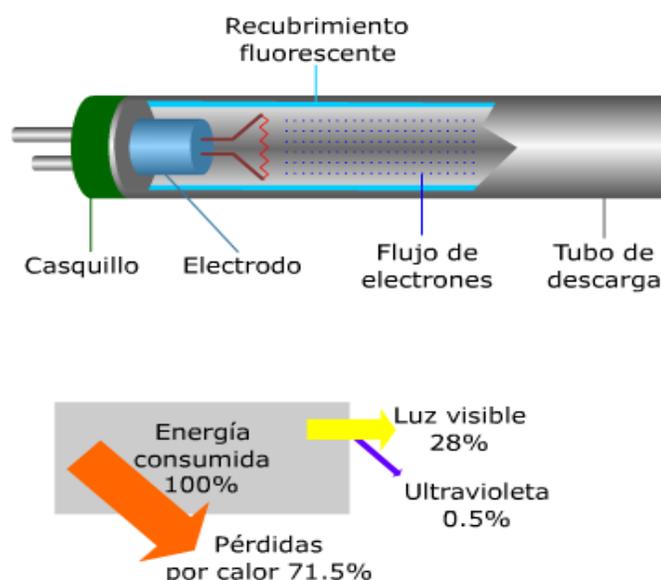


Figura 2.13: Elementos de la lámpara fluorescente.

<sup>7</sup> Ibid

Por otra parte, las características relevantes que definen este tipo de lámpara se enuncian en la siguiente (Tabla 2.3):

PARÁMETRO	CARACTERÍSTICA
TEMPERATURA DEL COLOR	LUZ BLANCA DÍA: $T_c > 5.000 \text{ K}$ - BLANCO NEUTRO: $3.000 \text{ K} < T_c < 5.000 \text{ K}$ - BLANCO CÁLIDO: $T_c < 3.000 \text{ K}$ .
ÍNDICE DE REPRODUCCIÓN DEL COLOR	ESTE TIPO DE LÁMPARA OFRECE EL MAYOR FLUJO LUMINOSO CUANDO LA TEMPERATURA AMBIENTE ES CERCANA A LOS $77 \text{ }^\circ\text{F}$ ( $25 \text{ }^\circ\text{C}$ ). PARA TEMPERATURAS ALEJADAS DE ESTE VALOR SE REQUIERE QUE LAS LÁMPARAS SEAN ENCAPSULADAS.
FLUJO LUMINOSO	DEBE SER LO MÁS CERCANO POSIBLE EL VALOR NOMINAL DE LA LÁMPARA (+ Ó - 5% DEL NOMINAL). EN ESTAS LÁMPARAS, AL CONTRARIO DE LO QUE SUCEDE CON LAS INCANDESCENTES, LA VIDA Y EL RENDIMIENTO LUMINOSO DISMINUYEN AL DISMINUIR EL VOLTAJE.
RENDIMIENTO LUMINOSO	PUESTO QUE LAS LÁMPARAS DE DESCARGA NO SE CONECTAN DIRECTAMENTE A LA RED, COMO SUCEDE CON LAS INCANDESCENTES, REQUIEREN AL INICIO DE SU OPERACIÓN DE UN EQUIPO AUXILIAR ELÉCTRICO QUE CONSTA DE REACTANCIA, CEBADOR Y CONDENSADOR.
EFECTO ESTROBOSCÓPICO	LA GRAN DIVERSIDAD DE TONOS, SU ALTO RENDIMIENTO Y LA BUENA CALIDAD DE LUZ ( $T_c > 5.000 \text{ K}$ ), HACEN QUE SEAN DE APLICACIÓN GENERAL PARA FINES GENERALES DE ALUMBRADO. Y, PARTICULARMENTE, EN OFICINAS, ALMACENES, COMERCIO, ESCUELA, HOSPITALES, GIMNASIOS, INDUSTRIAS, ETC.; DONDE LA ALTURA DEL MONTAJE NO SUPERE LOS 5 m.

PARÁMETRO	CARACTERÍSTICA
VIDA ÚTIL	LA VIDA PROMEDIO SUELE SER DE 7.000 HORAS PARA UN ENCENDIDO CADA 3 HORAS. PARA ENCENDIDOS CADA 10 HORAS, LA VIDA ÚTIL AUMENTA EN UN 40%
TEMPERATURA	ESTE TIPO DE LÁMPARA OFRECE EL MAYOR FLUJO LUMINOSO CUANDO LA TEMPERATURA AMBIENTE ES CERCANA A LOS 77 °F (25 °C). PARA TEMPERATURAS ALEJADAS DE ESTE VALOR SE REQUIERE QUE LAS LÁMPARAS SEAN ENCAPSULADAS.
INFLUENCIA DEL VOLTAJE	DEBE SER LO MÁS CERCANO POSIBLE EL VALOR NOMINAL DE LA LÁMPARA (+ Ó - 5% DEL NOMINAL). EN ESTAS LÁMPARAS, AL CONTRARIO DE LO QUE SUCEDE CON LAS INCANDESCENTES, LA VIDA Y EL RENDIMIENTO LUMINOSO DISMINUYEN AL DISMINUIR EL VOLTAJE.
CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS	PUESTO QUE LAS LÁMPARAS DE DESCARGA NO SE CONECTAN DIRECTAMENTE A LA RED, COMO SUCEDE CON LAS INCANDESCENTES, REQUIEREN AL INICIO DE SU OPERACIÓN DE UN EQUIPO AUXILIAR ELÉCTRICO QUE CONSTA DE REACTANCIA, CEBADOR Y CONDENSADOR.
APLICACIONES	LA GRAN DIVERSIDAD DE TONOS, SU ALTO RENDIMIENTO Y LA BUENA CALIDAD DE LUZ ( $T_c > 5.000$ K), HACEN QUE SEAN DE APLICACIÓN GENERAL PARA FINES GENERALES DE ALUMBRADO. Y, PARTICULARMENTE, EN OFICINAS, ALMACENES, COMERCIO, ESCUELA, HOSPITALES, GIMNASIOS,, INDUSTRIAS, ETC.; DONDE LA ALTURA DEL MONTAJE NO SUPERE LOS 5 m.

**Tabla 2.3: Características de la lámpara fluorescente.**

### 2.5.3. LÁMPARA DE ALTA INTENSIDAD DE DESCARGA (HID).

Su funcionamiento se basa en la luz emitida por medio de un gas o vapor que ha sido excitado por medio de una corriente eléctrica. Es necesaria una balasta para encender la lámpara y regular su operación. Las lámparas de alta intensidad de descarga tienen grandes ventajas en la eficiencia energética sobre los incandescentes en donde es aplicable. La de mercurio a alta presión, la de haluro metálico y las de sodio a alta y baja presión son clasificadas como lámparas de descarga de alta intensidad.<sup>8</sup>

#### 2.5.3.1. LÁMPARA DE VAPOR DE MERCURIO DE ALTA PRESIÓN

Su funcionamiento se basa en el mismo principio de la fluorescente de baja intensidad de descarga, pero con la ventaja de que el color es corregido al elevar la presión del gas de mercurio (mayor longitud de onda y mayor potencia). No son tan eficientes en cuanto a salida de luz y energía como las lámparas de haluro metálico y las de sodio a alta presión, además, debido al alto contenido de mercurio en su bulbo, este tipo de lámpara es prohibido en algunos países y tiende a desaparecer por la presión de la regulación ambiental (Figura 2.14).

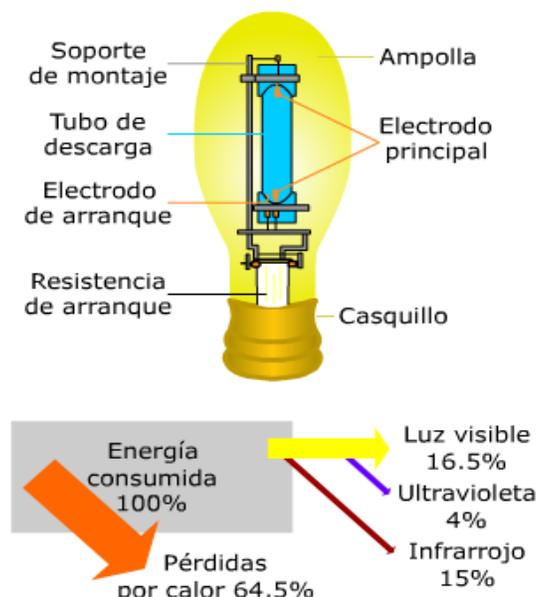
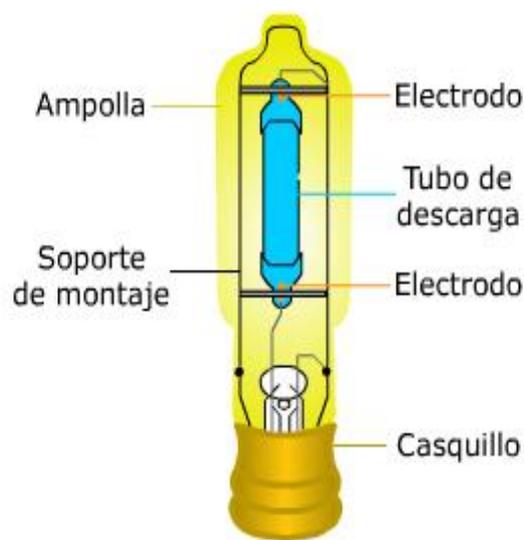


Figura 2.14: Elementos de una lámpara de vapor de mercurio de alta presión.

<sup>8</sup> Ibid dem (pag. 50)

### 2.5.3.2. LÁMPARA DE HALUROS METÁLICOS

Son lámparas de vapor de mercurio a alta presión que además contiene halogenuros de tierras raras como el dysprosio (Dy), holmio (Ho) y el tulio (Tu). Con ello se consigue aumentar considerablemente el rendimiento luminoso y aproximar el color a la luz diurna solar. Se utilizan también diversas combinaciones de halogenuros (sodio, yodo, ozono) a los que se les añade escandio, talio, indio, litio, etc. (Figura 2.15).



**Figura 2.15: Elementos de una lámpara de haluro metálico.**

### 2.5.3.3. LÁMPARA DE VAPOR DE SODIO A ALTA PRESIÓN

En este tipo de lámpara la luz se produce por la descarga eléctrica a través del metal de sodio (principalmente) y de mercurio junto con un gas noble (xenón o argón), vaporizados a alta presión, que aumenta la longitud de onda. Los gases que acompañan al sodio aumentan las radiaciones del espectro con cierta continuidad, que permiten distinguir todos los tipos de colores de la radiación visible. Son altamente eficientes, (hasta 140 lúmenes por vatio), y producen un tibio color dorado (Figura 2.16).

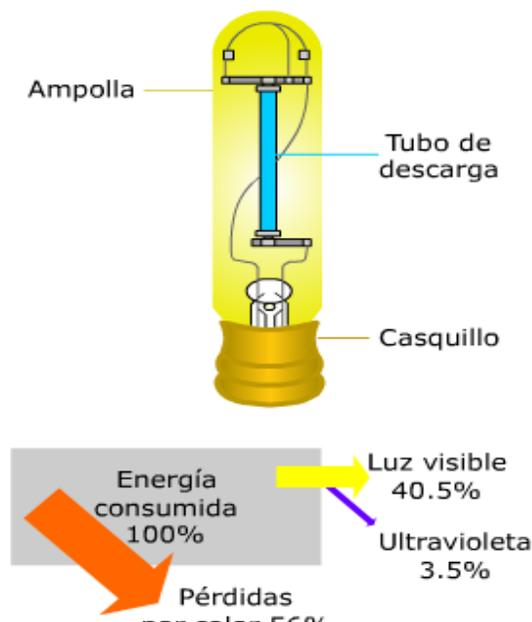


Figura 2.16: Elementos de una lámpara de vapor de sodio a alta presión.

#### 2.5.3.4. LÁMPARA DE VAPOR DE SODIO A BAJA PRESIÓN

La luz se produce por la descarga eléctrica a través del metal de sodio vaporizado a baja presión, que produce radiaciones visibles en longitudes de onda casi monocromáticas, comprendidas entre 589 y 589,6 nm (Figura 2.17).

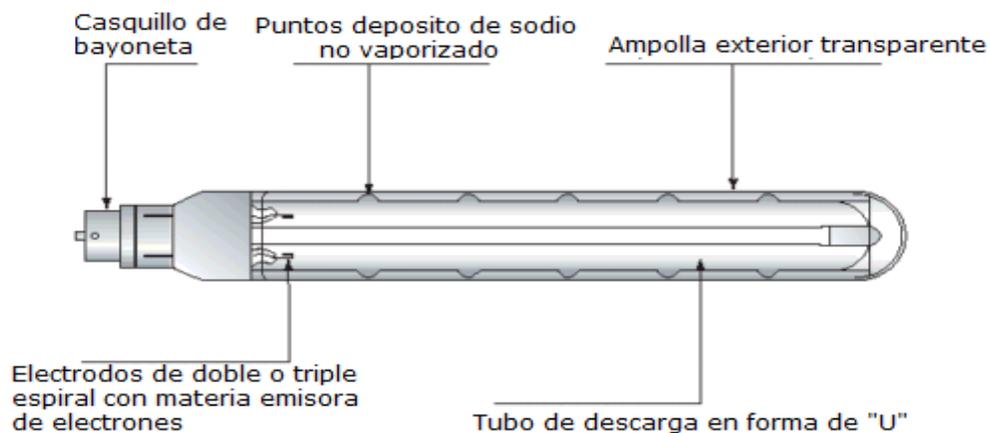


Figura 2.17: Elementos de una lámpara de vapor de sodio a baja presión.

En la siguiente (Tabla 2.4) se describen las características más importantes de las lámparas de alta intensidad de descarga (HID):

<b>TIPO DE LAMPARA HID</b>				
<b>PARÁMETRO</b>	<b>VAPOR DE HG ALTA PRESIÓN</b>	<b>VAPOR DE NA BAJA PRESIÓN</b>	<b>VAPOR DE NA ALTA PRESIÓN</b>	<b>HALUROS METÁLICOS</b>
TEMPERATURA DEL COLOR	3.000 A 4.500 K	-----	2100 K	6000 K
ÍNDICE DE REPRODUCCIÓN DEL COLOR	40 a 69	20 a 32	40 a 69	85 a 100
FLUJO LUMINOSO	6.300 a 58.000 Lm	1.800 a 33.000 Lm	3.500 a 130.000 Lm	17.000 a 80.000 Lm
POTENCIA	50 a 1000 W	18 a 180 W	50 a 1.000 W	250 a 1.000 W
RENDIMIENTO LUMINOSO	50,4 a 58 Lm/W	130 a 200 Lm/W	80 a 140 Lm/W	68 a 105 Lm/W
VIDA ÚTIL	6.000 A 9.000 HORAS	-----	24.000 HORAS	16.000 A 20.000 HORAS
INFLUENCIA DEL VOLTAJE	+Ó - 5% DEL VOLTAJE NOMINAL			

**Tabla 2.4: Características de los diferentes tipos de lámparas de descarga (HID). Fuente: Ibid dem (pag 50)**

#### 2.5.4. LA LUZ DEL FUTURO (LED)

En el campo de la iluminación, como en muchos otros, todo va de prisa y algunos fabricantes ya han llegado muy lejos. El LED cada día es más habitual hoy tenemos, por ejemplo, este tipo de iluminación adoptado por linternas, lámparas de lectura, y otros tipos de accesorios similares.

Actualmente la luz de las lámparas incandescentes se genera basándose en filamentos convencionales en los que el 90% de la energía se transforma en calor y se pierde, mientras que la tecnología LED hace brillar un cristal, por lo que la energía se transforma directamente en luz. Por lo tanto los ledes logran ahorrar energía eléctrica en un 90%; es importante avanzar en su desarrollo y, el propósito del FIDE (Fideicomiso para el ahorro de la energía eléctrica), es demostrar la viabilidad técnica y rentabilidad económica del uso de este nuevo producto para ambas aplicaciones, para con ello estar en condiciones de diseñar un programa a gran escala que permita la incorporación de estos de manera masiva (Figura 2.18).



**Figura 2.18: Ejemplo de una lámpara LED**

### 2.5.4.1. DEFINICIÓN

Es un componente electrónico de estado sólido que comenzó a ser producido en la época de los 60. La sigla LED se debe a la expresión “light emitting diode” o, en español diodo emisor de luz<sup>9</sup>(Figura 2.19). Este tipo de semiconductores pertenece a la familia de los diodos, estos tienen la particularidad que conducen la corriente eléctrica más fácilmente en un sentido que en otro.

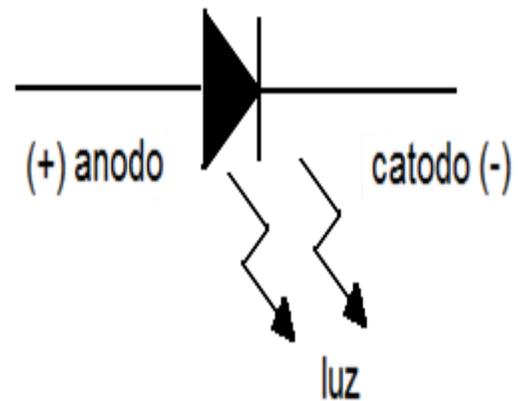


Figura 2.19: Simbología perteneciente a un LED.

### 2.5.4.2. DETALLES CONSTRUCTIVOS DE UN LED

Una lente clara o difusa, hecha con una resina epoxica transparente, cubre el chip (consiste en dos capas de material emisor semiconductor) sellando al LED en forma de capsula. La misma determina el haz de luz, ya que incrementa el flujo luminoso y reduce las reflexiones en la superficie del semiconductor, logrando de este modo una variedad de distribuciones angulares (Figura 2.20).

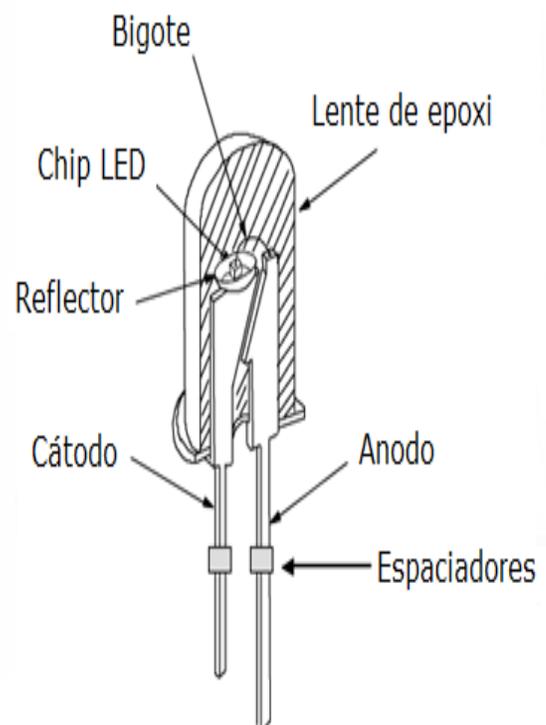


Figura 2.20: Elementos de un LED.

<sup>9</sup> <http://www.todopic.com.ar/led.html>

### 2.5.4.3. CONEXIÓN

Para conectar los LED's de modo que iluminen de forma continua, deben estar polarizados directamente, es decir, con el polo positivo de la fuente de alimentación conectada al ánodo y el polo negativo conectado al cátodo.

Además la fuente de alimentación debe suministrarle una tensión o diferencia de potencial superior a su tensión umbral.

Por otro lado, se debe garantizar que la corriente que circula por ellos no excede los límites admisibles (esto se puede hacer de forma sencilla con una resistencia R en serie con los LED) (Figura 2.21).

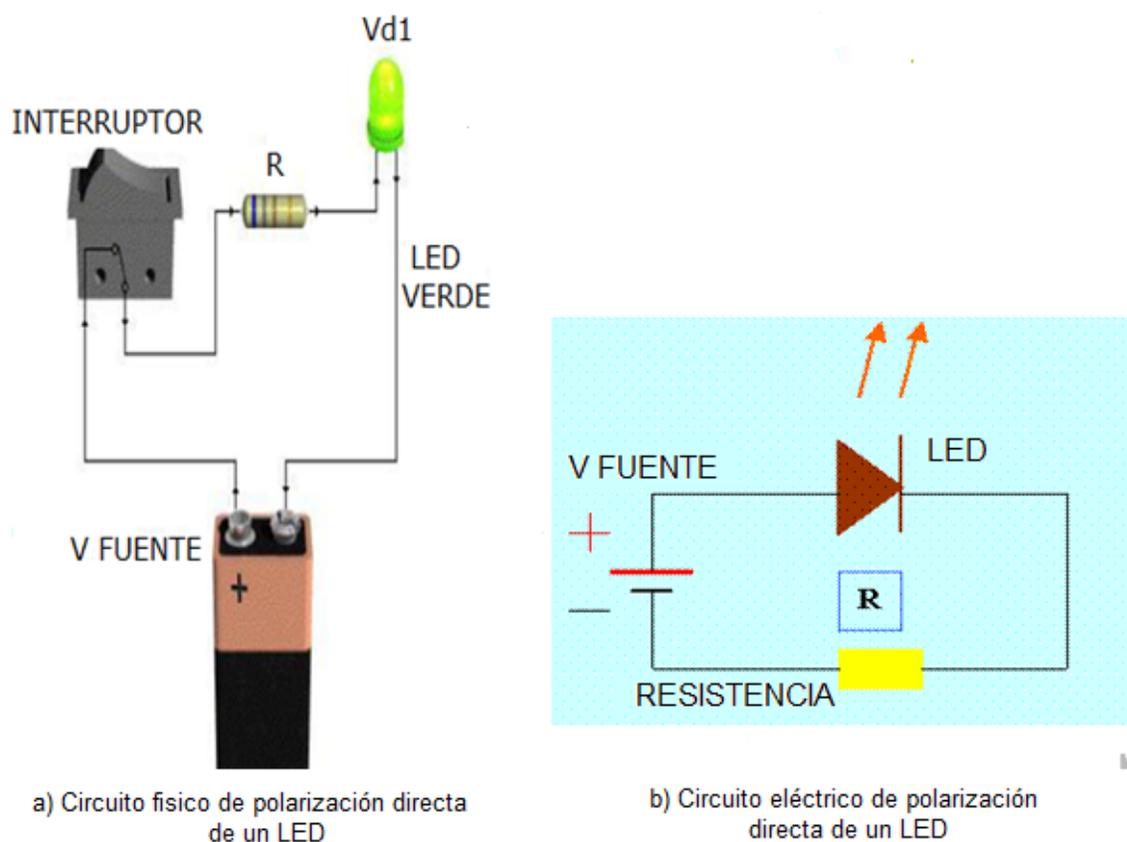


Figura 2.21: Representación de la conexión con LED's.

## 2.6. MÉTODOS DE CÁLCULO PARA LA ILUMINACIÓN

Al proyectar un sistema de alumbrado, lo primero que se requiere es elegir un equipo que proporcione el máximo confort visual y el más alto rendimiento. Por consideraciones de orden práctico, la zona a iluminar puede considerar seriamente dicha elección. Por ejemplo, muchos tipos de luminarias no son absolutamente recomendables en zonas donde exista mucha suciedad.

Los factores de conservación o pérdida de luz tienen una influencia mayor al elegir el equipo y se consideran detalladamente en el proceso de cálculo. El factor económico interviene siempre, y puede obligar a adaptar una combinación de alumbrado general y local.

Es necesario un completo análisis de la tarea visual, incluyendo las consideraciones relativas al tamaño, reflectancia y contrastes con el fondo.

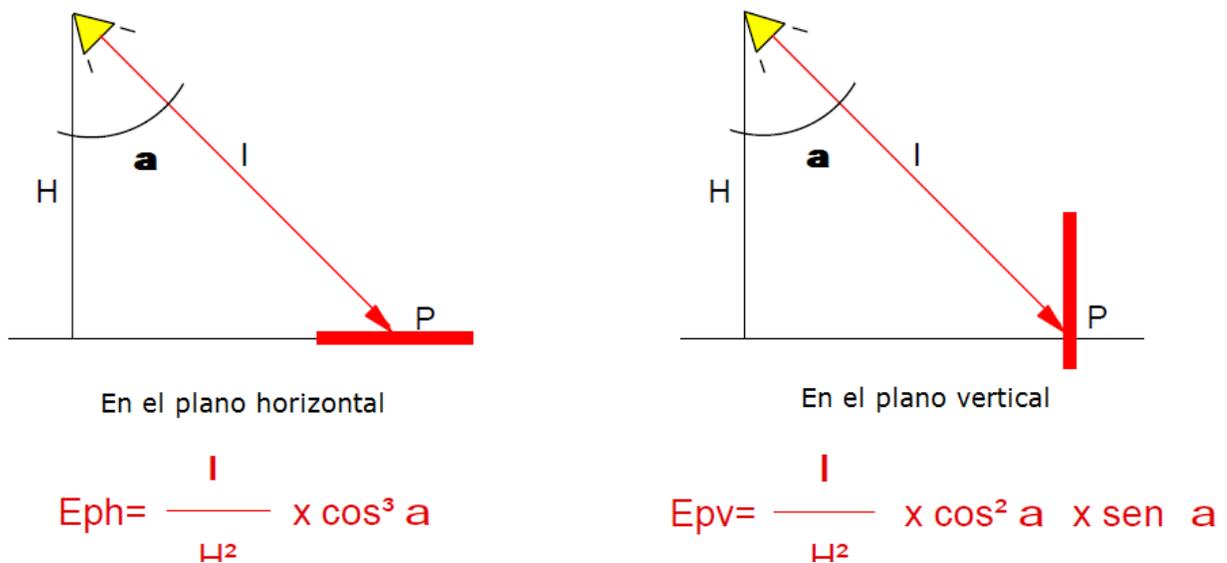
Una vez determinadas las luminarias que se van a utilizar y el nivel de iluminación requerido, es posible calcular el número de luminarias necesarias para producir tal iluminación.

### 2.6.1. APLICACIÓN DEL MÉTODO PUNTO X PUNTO

Se basa en la cantidad real de luz que se produce en un “punto” del área iluminada.

Para aplicar este método, se deberá conocer la forma en que la luminaria distribuye el flujo luminoso que emite la fuente de luz (“Curva de distribución luminosa”) y verificar que se cumpla la “Ley de la inversa de los cuadrados”.

Las fórmulas para el cálculo del nivel de iluminación en un punto de una superficie horizontal o vertical (Figura 2.22), son básicamente las que se han visto al tratar la “Ley del coseno”.



**Figura 2.22: Fórmulas de cálculo horizontal y vertical.**

DONDE:

$E_{ph}$  = Nivel de iluminación en un punto de una superficie horizontal (en Lux)

$E_{pv}$  = Nivel de iluminación en un punto de una superficie vertical (en lux)

$I$  = Intensidad luminosa en una dirección dada (en candelas)

$H$  = Altura de montaje de la luminaria normal al plano horizontal que contiene al punto

$a$  = Ángulo formado por el rayo de luz y la vertical que pasa por la luminaria

### 2.6.1.1. COMPONENTES DE LA ILUMINANCIA EN UN PUNTO

En general, para hacernos una idea de la distribución de la luminaria nos bastara con conocer los valores de la iluminancia sobre el plano de trabajo, es decir la iluminación horizontal, sólo nos interesara conocer la iluminancia vertical en casos de que se necesite tener en casos en que se necesite tener un buen modelado de la forma de los objetos (deportes de competición, estudios de televisión, etc.) o iluminar objetos en posición vertical (obras de arte, cuadros, esculturas, etc.).

Para utilizar el método punto por punto necesitamos conocer previamente las características fotométricas de las lámparas y luminarias empleadas, la disposición de las mismas sobre la planta del local y la altura de estas sobre el plano de trabajo. Una vez conocidos todos estos elementos podemos empezar a calcular las iluminancias. Como ya hemos mencionado, la iluminancia horizontal en un punto se calcula como la suma de la componente de iluminación directa más la de la iluminación indirecta. Por lo tanto:

$$E = E_{\text{directa}} + E_{\text{indirecta}}$$

#### 2.6.1.2. FUENTES DE LUZ PUNTUALES

Podemos considerar fuentes de luz puntuales las lámparas incandescentes y de descarga que no sean los tubos fluorescentes. En este caso las componentes de la iluminancia se calculan usando las formulas:

$$E_V = \frac{I \cdot \cos^2 \alpha \cdot \sin \alpha}{h^2} \qquad E_H = \frac{I \cdot \cos^3 \alpha}{h^2}$$

Donde I es la intensidad luminosa de la lámpara en la dirección del punto que puede obtenerse de los diagramas polares de la luminaria o de la matriz de intensidades y h la altura del plano de trabajo a la lámpara.

En general si un punto está iluminado por más de una lámpara su iluminancia total es la suma de las iluminancias recibidas:

$$E_H = \sum_{i=1}^n \frac{I_i \cdot \cos^3 \alpha_i}{h_i^2} \qquad E_V = \sum_{i=1}^n \frac{I_i \cdot \cos^2 \alpha_i \cdot \sin \alpha_i}{h_i^2}$$

### 2.6.1.3. FUENTES DE LUZ LINEALES DE LONGITUD INFINITA

Se considera que una fuente de luz infinita si su longitud es mucho mayor que la altura de montaje; por ejemplo una línea continúa de fluorescentes. En este caso se puede demostrar por cálculo diferencial que la iluminancia en un punto por una fuente de luz difusa se puede expresar como:

$$E_H = \frac{\pi \cdot I}{2h} \cdot \cos^2 \alpha \qquad E_V = \frac{\pi \cdot I}{2h} \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha$$

En los extremos de la hilera de las luminarias el valor de la iluminancia será la mitad. El valor de I se puede obtener del diagrama de intensidad luminosa de la luminaria referida a un metro de longitud de la fuente de luz, en el caso de un tubo fluorescente desnudo puede calcularse a partir del flujo luminoso por metro, según la fórmula:

$$I = \frac{\Phi}{9.25}$$

### 2.6.1.4. COMPONENTE INDIRECTA O REFLEJADA EN UN PUNTO

Para calcular la componente indirecta se supone que la distribución luminosa de la luz es uniforme en todas las superficies del local incluido en el plan de trabajo, de esta

manera, la componente indirecta de la iluminación de una fuente de luz para un punto cualquiera de las superficies que forman el local se calcula como:

$$E_{\text{directa}} = E_{\text{indirecta horizontal}} = E_{\text{indirecta vertical}} = \frac{\Phi}{F_T} \cdot \frac{\rho_m}{1 - \rho_m}$$

En la expresión anterior:

$\Phi$  : Flujo de la luminaria en lúmenes

$F_T$ : Es la suma del área de todas las superficies del local en  $m^2$

$\rho_m$ : Es la reflectancia media de todas las superficies del local que se calcula con la siguiente expresión:

$$\rho_m = \frac{\frac{\sum \rho_i \cdot F_i}{n}}{\frac{\sum F_i}{n}} \text{ Siendo } \rho_i \text{ la reflectancia de la superficie de } F_i$$

### 2.6.1.5. CÁLCULO DE LUMINARIAS HORIZONTALES EMPLEANDO CURVAS ISOLUX

Este método gráfico permite obtener las iluminancias horizontales en cualquier punto de trabajo de forma rápida y directa. Para ello necesitaremos:

1. Las curvas isolux de la luminaria suministradas por el fabricante (Figura 2.23).

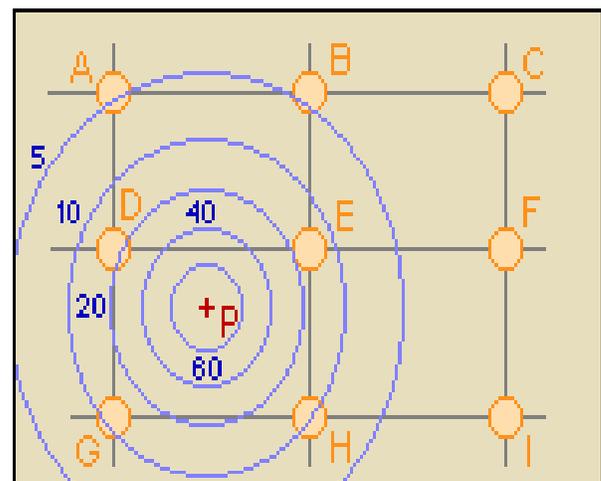


Figura 2.23: Ejemplo de una curva isolux.

2.- La planta del local con la disposición de las luminarias dibujada con la misma escala que la curva isolux.

El procedimiento de cálculo es el siguiente: sobre el plano de la planta situamos el punto o los puntos que queremos calcular la iluminancia. A continuación colocamos el diagrama isolux sobre el plano, haciendo que el centro coincida con el punto, y se suman los valores relativos de las iluminancias debidos a cada una de las luminarias que hemos obtenido a partir de la intersección de las curvas isolux con las luminarias.

Finalmente los valores reales de las iluminancias en cada punto se calculan a partir de los relativos obtenidos de las curvas aplicando la formula:

$$E_r = E_c \cdot \frac{\Phi_r}{\Phi_c} \left( \frac{h_c}{h} \right)^2 = E_c \frac{\Phi_r}{h_r^2} \frac{1}{1000}$$

### 2.6.2. MÉTODO POR LUMENES

El método de los lúmenes de fácil aplicación proporciona la iluminación media de un local, este método se emplea para las áreas más amplias en que la iluminación es sensiblemente uniforme, está basado en la determinación del flujo luminoso necesario para obtener una iluminación media deseada en el plano de trabajo.

Consiste resumidamente, en la determinación del flujo luminoso en lux a través de la ecuación:

$$\Phi = \frac{E \cdot S}{\eta \cdot \delta}$$

Donde:

$\Phi$  : Flujo total emitido por el total de las lámparas en lúmenes

E : Iluminación media requerida por el ambiente a iluminar en Lux

S : Área del local en m<sup>2</sup>

$\eta$  : Factor de utilización del local

$\delta$  : Factor de depreciación del local

Si se conoce el rendimiento de la luminaria  $\eta_L$ :

$$\Phi = \frac{E \cdot S}{\eta \cdot \eta_L \cdot \delta}$$

### 2.6.2.1. ELECCIÓN DE LA LUMINARIA

Existe una serie de recomendaciones referentes a la elección del tipo de luminarias, separación y altura de montaje, tendentes a lograr la adecuación del diseño realizado a la geometría del local, a conseguir una buena uniformidad de distribución y a impedir la presencia de deslumbramientos molestos. Estas recomendaciones son:

#### 2.6.2.1.1. TIPO DE LUMINARIA

- Altura del local hasta 4 (m).....Luminaria extensiva
- Entre 4 y 6 (m).....Semi-extensiva
- Entre 6 y 10 (m).....Semi-intensiva
- Más de 10 (m).....Intensiva

### 2.6.2.1.2. ALTURA DE LAS LUMINARIAS SOBRE EL PLANO DE TRABAJO

La altura de las luminarias sobre el plano de trabajo se elegirá entre estos tres valores teniendo en cuenta que a mayor altura de las luminarias necesitaremos mayor potencia instalada para lograr el mismo nivel de iluminación y que acercar las luminarias al plano de trabajo va en detrimento de la uniformidad. Para iluminación indirecta o semi-indirecta, se tomará una altura de las luminarias sobre el plano de trabajo inferior a la altura óptima.

### 2.6.2.2. FACTOR DE DEPRECIACIÓN O DE MANTENIMIENTO

El factor de depreciación del servicio de la luminaria, mide la relación entre el flujo luminoso emitido por la luminaria al final del periodo considerado para iniciar el proceso de mantenimiento, con el tiempo los equipos de iluminación acumulan polvo, las lámparas emiten menor cantidad de luz y el rendimiento visual en consecuencia es más bajo.<sup>10</sup>

Algunos de estos factores pueden ser eliminados por medio del mantenimiento realizado a los equipos de iluminación. En la práctica para normalizar los efectos de estos factores, admitiendo una buena mantención periódica, podemos adoptar los siguientes valores (Tabla 2.6) del factor de depreciación:

AMBIENTE	PERIODO DE MANTENIMIENTO		
	2500 Hrs.	5000 Hrs.	7500 Hrs.
LIMPIO	0.95	0.91	0.88
NORMAL	0.91	0.85	0.80
SUCIO	0.80	0.68	0.57

**Tabla 2.6: Clasificación de factores de depreciación.**

---

<sup>10</sup> <http://edison.upc.edu/curs/llum/interior/iluint2.html>

### 2.6.2.3. ÍNDICE DE LOCAL (K)

Para poder analizar el coeficiente de utilización del local, es necesario antes calcular el índice del local, este dependerá de las dimensiones del recinto (Figura 2.24).

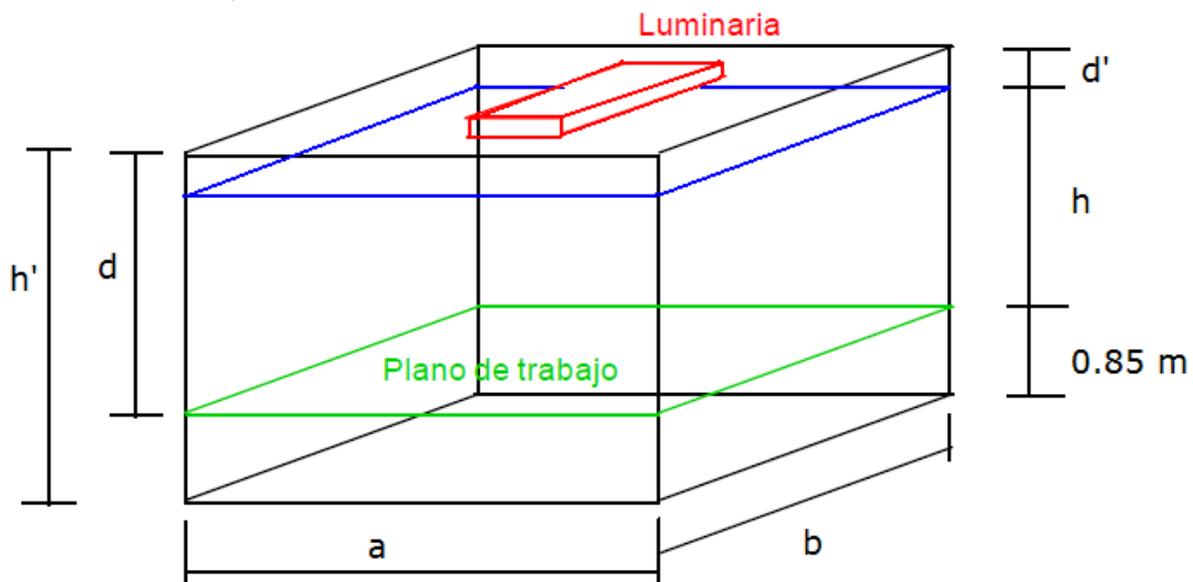


Figura 2.24: Ejemplo de dimensiones del recinto.

DONDE:

$h$  : altura entre el plano de trabajo y las luminarias.

$h'$  : altura del local.

$d$  : altura del plano de trabajo al techo.

$d'$  : altura entre el plano de trabajo y las luminarias.

$a$  : Ancho del local

$b$  : Largo del local

Ecuación para luminarias predominantemente directas 
$$K = \frac{a \cdot b}{h \cdot (a + b)}$$

Ecuación para luminarias predominantemente indirectas 
$$K = \frac{3 \cdot a \cdot b}{2 \cdot h \cdot (a + b)}$$

#### 2.6.2.4. FACTOR DE UTILIZACIÓN

El factor de utilización del local o simplemente factor de utilización, mide la relación entre el flujo luminoso que llega al plano de trabajo y el flujo luminoso total emitido por las lámparas.<sup>11</sup>

Parte del flujo luminoso emitido por una lámpara es absorbido por la luminaria en la cual está instalada y no contribuye al nivel de iluminación del local. El resto del flujo de la lámpara es radiado una parte hacia arriba y otra hacia abajo, es decir, por encima y por debajo de un plano horizontal que pase por el centro de la lámpara.

La parte de flujo radiada directamente sobre el plano de trabajo es la que contribuye en mayor cuantía al nivel de iluminancia. Solamente una parte dirigido hacia el techo y las paredes se convierte en flujo útil en el plano de trabajo, algunas veces después de varias reflexiones (Tablas 2.7 y 2.8).

SUPERFICIE	COLOR	FACTOR DE REFLEXIÓN ( $\rho$ )
TECHO	BLANCO	0,7
	CLARO	0,5
	MEDIO	0,3
PAREDES	CLARO	0,5
	MEDIO	0,3
	OSCURO	0,1
PISO	CLARO	0,3
	OSCURO	0,1

Tabla 2.7: Factores de reflexión de techo, pared y piso

<sup>11</sup> Ibid dem (pag. 69)

COLORES	REFLECTANCIA	MATERIALES	REFLECTANCIA
BLANCO	0,70-0,85	MORTERO	0,30-0,55
AMARILLO	0,50-0,75	HORMIGÓN	0,25-0,50
AZUL	0,40-0,55	LADRILLO	0,15-0,40
VERDE	0,45-0,65	MÁRMOL BLANCO	0,60-0,70
ROJO	0,30-0,50	GRANITO	0,15-0,25
MARRÓN	0,30-0,40	MADERA	0,25-0,50
GRIS OSCURO	0,10-0,20	ESPEJOS	0,80-0,90
NEGRO	0,03-0,07	ACERO PULIDO	0,50-0,65

Tabla 2.8: Reflectancia de colores y materiales<sup>12</sup>.

Si no se conocen las reflectancias de un local se debe tomar la combinación 5-3-1 como término medio en los locales con superficies de color claro.

Los índices 1-3-5-7 corresponden a 10%, 30%, 50%, 70% de reflectancia de las superficies oscuras, medias, claras y blancas respectivamente (Figura 2.25).

r-techo	80	70	70	70	50	50	30	30	10	
r-pared	70	50	50	30	50	30	30	10	10	
r-pavimento	30	30	10	10	10	10	10	10	10	
K	0.6	35	24	23	18	22	17	16	13	13
	0.8	42	31	29	24	27	23	21	18	17
	1.0	48	36	33	28	31	27	25	22	21
	1.25	53	41	38	33	36	31	30	27	26
	1.5	57	46	42	37	39	35	33	30	29
	2.0	62	51	46	42	44	40	38	35	34
	2.5	66	56	50	46	47	44	42	39	37
	3.0	68	59	53	49	50	47	44	42	40
	4.0	71	63	55	52	52	50	47	45	43
5.0	74	65	57	55	54	52	50	48	46	

**CU**

Figura 2.25: Ejemplo de tabla del factor de utilización.

<sup>12</sup> <http://higiene-seguridad.com.ar/Notas/FacReflex.html>

### 2.6.2.5. CÁLCULO DEL NÚMERO DE LÁMPARAS Y LUMINARIAS

$$\text{NÚMERO DE LÁMPARAS} = \frac{\text{Nivel luminoso X Superficie}}{\text{Lúmenes por lámpara X Coeficiente de utilización X Factor de conservación o mantenimiento}}$$

$$\text{NÚMERO DE LUMINARIAS} = \frac{\text{Número de lámparas}}{\text{Lámparas por luminaria}}$$

#### 2.6.2.5.1. DISTRIBUCIÓN DE LUMINARIAS

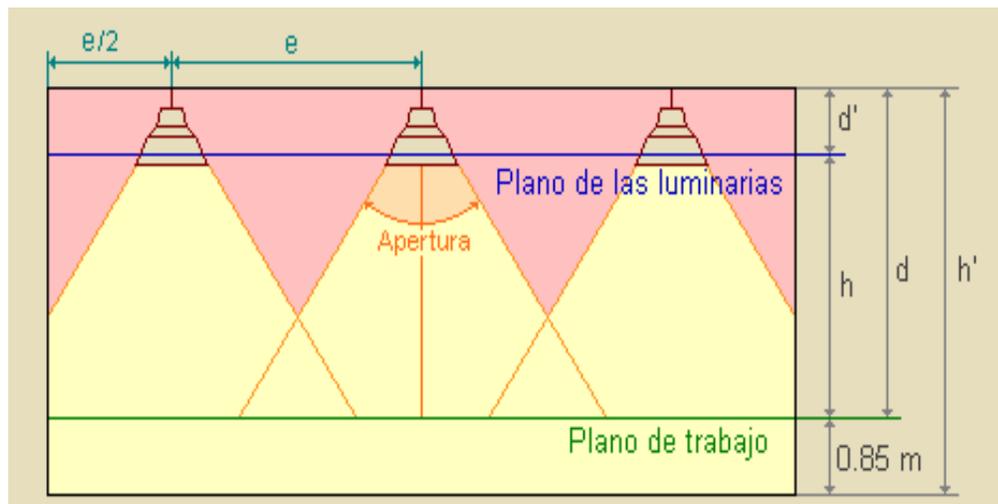
Una vez ya calculado el número mínimo de lámparas y luminarias procederemos a distribuir las sobre la planta del local. En los locales de planta rectangular las luminarias se reparten de forma uniforme en filas paralelas a los ejes de simetría del local según las formas:

$$N_{\text{ancho}} = \sqrt{\frac{N_{\text{Total}}}{\text{largo}}} \times \text{ancho} \quad N_{\text{largo}} = N_{\text{ancho}} \times \left(\frac{\text{largo}}{\text{ancho}}\right)$$

DONDE:

N: Es el número de luminarias.

La distancia máxima de separación entre las luminarias dependerá del ángulo de apertura de luz y de la altura de las luminarias sobre el plano de trabajo (Figura 2.26).



**Figura 2.26: Mientras más abierto sea el haz y mayor la altura de la superficie iluminada aunque sea menor el nivel de iluminancia**

De la misma manera, vemos que las luminarias próximas a la pared necesitan estar más cerca para iluminarla (normalmente a la mitad de la distancia). Las conclusiones sobre la separación entre las luminarias las podemos resumir como sigue (Tabla 2.9):

TIPO DE LUMINARIA	ALTURA DE LOCAL	DISTANCIA MÁXIMA ENTRE ILUMINARIAS
INTENSIVA	> 10m	$e \leq 1.2 h$
EXTENSIVA	4-6 m	$e \leq 1.5 h$
SEMIEXTENSIVA	6-10m	
EXTENSIVA	$\leq 4$	$e \leq 1.6 h$
DISTANCIA PARED-LUMINARIA: $E/2$		

**Tabla 2.9: Valores máximos de separación para iluminarias<sup>13</sup>**

Si después de colocar la posición de las luminarias nos encontramos que la distancia de separación es mayor que la distancia máxima admitida quiere decir que la distribución luminosa obtenida no es del todo uniforme. Esto puede deberse a que la potencia de las lámparas sea excesiva.

<sup>13</sup> Ibid dem (pag 69)

En estos casos conviene rehacer los cálculos probando a usar lámparas menos potentes, más luminarias o emplear luminarias con menos lámparas.

### 2.6.2.6. COMPROBACIÓN DE RESULTADOS

Por último, nos queda comprobar la validez de los resultados mirando si la iluminancia media obtenida en la instalación diseñada es igual o superior a la recomendada en las tablas:

$$E_m = \frac{n\Phi_L \eta f_m}{S} \geq E_{\text{tabla}}$$

### 2.6.3. MÉTODO DE LAS CAVIDADES ZONALES

Se consigue tomar en cuenta, en la determinación del coeficiente de utilización, varios factores difíciles de ser ponderados, tales como la altura de montaje de la luminaria, obstrucciones en el techo o en el espacio debajo del plano de trabajo, áreas parciales de los recintos, locales de tomas irregulares, etc.

El método de cavidades zonales divide el recinto (Figura 2.27) en tres cavidades.

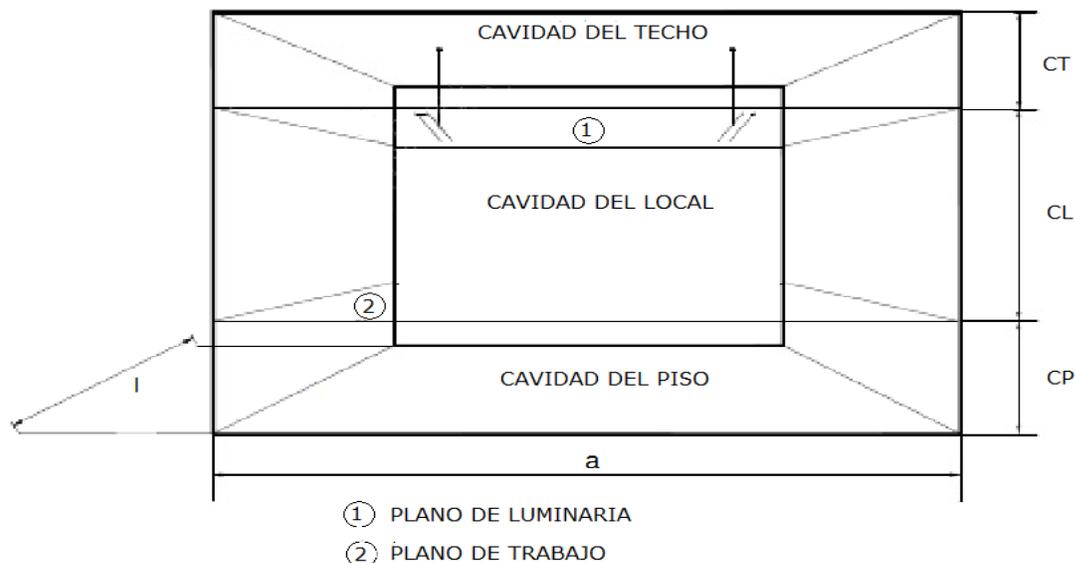


Figura 2.27: Ejemplo del método de cavidades zonales.

### 2.6.3.1. COEFICIENTE DE UTILIZACIÓN

Inicialmente se determinan los índices de cavidad por la fórmula:  $K_1 \frac{5 \cdot hm \cdot (a+1)}{(a \cdot 1)}$

DONDE:

L: Longitud del local.

A: Anchura del local. H: Es la altura de la cavidad que sería

H<sub>CT</sub>: Para la relación de cavidad de techo (R<sub>CT</sub>)

H<sub>CL</sub>: Para la relación de cavidad del local (R<sub>CL</sub>)

H<sub>CP</sub>: Para la relación de cavidad de peso (R<sub>CP</sub>)

Observando la relación vemos que se cumple:

$$R_{CL} = \frac{5 \cdot H_{CL} \cdot (L+A)}{L \cdot A} \quad R_{CT} = \frac{5 \cdot H_{CT} \cdot (L+A)}{L \cdot A} \quad R_{CP} = \frac{5 \cdot H_{CP} \cdot (L+A)}{L \cdot A}$$

Para obtener la reflectancia eficaz de la cavidad del techo, del suelo y pared consultar las tablas de factores de reflexión.

Obtener el coeficiente de mantenimiento, mediante la siguiente fórmula:

DONDE:

K<sub>m</sub>: Coeficiente de mantenimiento.  $K_m = K_L \cdot K_d \cdot K_r \cdot K_q$

K<sub>L</sub>: Factor de depreciación por uso de la lámpara factor que considera el envejecimiento del elemento que produce la luz).

K<sub>d</sub>: Factor de depreciación por mantención de equipo (factor que considera la suciedad sobre la luminaria).

K<sub>r</sub>: Factor de mantenimiento de paredes (factor que considera la limpieza del recinto paredes).

$K_q$ : Factor que considera el porcentaje de lámpara quemadas

Finalmente se utiliza la siguiente ecuación:

$$E_m = \frac{n\Phi_L \eta f_m}{S} \geq E_{\text{tabla}}$$

#### **2.6.4. SOFTWARE EMPLEADO PARA LOS CÁLCULOS DE ILUMINACIÓN**

Hoy existen muchos programas que nos facilitan enormemente la tarea de diseñar sistemas de iluminación tanto para interiores como exteriores. Vamos a hacer una breve reseña de los principales exponentes gratuitos que existen.

##### **2.6.4.1. SOFTWARE DIALUX**

Comencemos por el DIALux, es el programa es del Instituto Alemán de Luminotecnia Aplicada (Deutsches Institut für angewandte Lichttechnik) DIAL y es Osram la empresa que más impulso le está dando. El software DIALux permite el análisis cuantitativo rápido y sin problemas de un proyecto, y cuenta con una funcionalidad sencilla de renderización 3D. El formato de datos ULD para luminarias comprende la geometría 3D de la luminaria, la distribución de intensidad luminosa y la descripción del artículo. Los paquetes PlugIn de los fabricantes de luminarias comprenden datos de planificación adicionales, como el factor de mantenimiento o los valores UGR. Es útil para cálculos de iluminación interior, exterior y vial, trabaja con catálogos reales de fábricas europeas.

##### **2.6.4.2. SOFTWARE LUMENLUX**

Otro muy bueno es Lumenlux de la empresa Lumenac que tiene la capacidad de realizar proyectos en exterior e interior. Los proyectos se realizan mediante un práctico esquema de pantallas sucesivas. Incluye información de productos a modo de catálogo electrónico con posibilidad de impresión de la ficha técnica del mismo (foto, curva

fotométrica, modelos, dimensiones, etc.). Permite la impresión de informes detallados con amplia variedad de gráficos y estimar cantidad de luminarias y niveles medios.

#### **2.6.4.3. SOFTWARE CALCULUX**

Philips también tiene su producto llamado CALCULUX, que permite calcular luminarias. Saca las curvas de temperatura de los locales según el tipo e intensidad de luminaria, y vuelca los resultados en planillas y gráficos. Como plataforma operativa usa MS word, si no tienen este programa no lo pueden instalar. Incluye el catálogo de la línea Philips en pdf con sus respectivas características.

#### **2.6.4.4. SOFTWARE RELUX PROFESSIONAL**

Por último vamos a nombrar a Relux Professional, que cuenta con los datos de luminarias de 51 fabricantes internacionales y está disponible en una nueva versión que sigue siendo gratuito. Incluye Texturas, Representación-3D del espacio con OpenGL, movimiento en el espacio en tiempo real, proyecciones horizontales poligonales y amplia biblioteca-3D de muebles. Realiza el cálculo y ubicación automáticos de las luminarias de emergencia para una vía de evacuación. Permite la Importación/Exportación dxf, Importación/Exportación 3D.

### 3.1. GENERALIDADES

Teniendo en cuenta, que las edificaciones hospitalarias ofrecen sus servicios en forma específica en un entorno de modernidad y exigente, en donde, no sólo hay que responder de manera adecuada a los problemas, si no que es necesario avanzar tecnológicamente para hacer frente a nuevos desafíos como la incorporación de las innovaciones diagnósticas y terapéuticas, las nuevas tecnologías de la información, las necesidades crecientes de sus pacientes, las respuestas a las exigencias de sus profesionales y el mantenimiento de su sustentabilidad financiera. En tal sentido, el diseño de iluminación hospitalaria referente a quirófano se adecuará a las actuales normas de instalaciones eléctricas existentes en el país y normas internacionales, para cumplir altos niveles de seguridad y confort, ya sea para el usuario y el paciente.

La iluminación de un quirófano siempre debe de ser diseñada tomando en consideración tanto la generada por las lámparas quirúrgicas y las propias del quirófano o lámparas complementarias.

Por ello la iluminación de los espacios es una necesidad elemental y esencial para el bienestar y la salud de las personas. Por ello, la iluminación en los hospitales se debe servir a dos objetivos fundamentales

- Garantizar las óptimas condiciones para desarrollar las tareas correspondientes.
- Contribuir a una atmósfera en la que el paciente se sienta confortable, todo esto garantizando el ahorro eficiente de energía eléctrica.

Los momentos más críticos del trabajo de los médicos se da en los quirófanos, por lo que tiene que garantizar las condiciones optimas que permitan una buena visualización a la hora del desarrollo de las actividades quirúrgicas.

Actualmente en los quirófanos se emplean las lámparas Scialiticas para la iluminación localizada en las mesa de operaciones. Estas lámparas son capaces de proveer niveles de iluminancia de hasta 100,000 lux, por tal motivo para evitar problemas de adaptación visual, fue recomendado establecer un nivel de iluminación general alrededor de la mesa de operaciones de 600 lux.

Las áreas de cuidado crítico como bien se ha dicho son casos especiales, por ende en todas las zonas requieren de una gran asepsia, lo que se traduce en que las luminarias y accesorios propuestos en el diseño realizado, además de proporcionar la iluminación en la cantidad y calidad requerida para cada actividad, deberán cumplir con los siguientes requisitos:

- Deben poderse limpiar fácilmente para asegurar la asepsia de la zona, con un grado de estanquidad elevado, que garantice la separación de ambientes entre el interior de la luminaria y la zona limpia.
- La radiación infrarroja será lo más reducida posible, al objeto de no favorecer la incubación y multiplicación de gérmenes.
- Las luminarias instaladas deben tener un grado de IP 65, es decir deben estar protegidas contra la penetración de polvo y de agua.

### **3.2. LEVANTAMIENTO FÍSICO DEL LOCAL**

El quirófano que se va a remodelar se encuentra en el 1 piso de un hospital de II nivel con 7.57 m de largo, 5.70 m de ancho y una altura de 4m.

Cuenta con 6 luminarias empotradas al techo TBS160 de 4 lámparas de 36 watts cada una, trabajando las 24 horas del día.

A continuación se realizan los cálculos pertinentes para demostrar si las luminarias son las adecuadas para proporcionar la iluminación requerida para el quirófano.

### 3.3. MÉTODO DE LUMEN

En un quirófano hospitalario cuyas dimensiones son 7.57 m por 5.70m y con una altura de 4 m; tiene un techo blanco, paredes de color claras y un suelo de color gris oscuro.

#### 3.3.1. DATOS DE ENTRADA

Dimensiones del local:

Largo: 7.57 m

Ancho: 5.70 m

Altura del quirófano: 4 m

Altura del plano de trabajo: 0.85m

Altura total:  $4\text{m} - 0.85\text{m} = 3.15\text{m}$



**Figura 3.1: Ejemplo de una luminaria Impala TBS-160.**

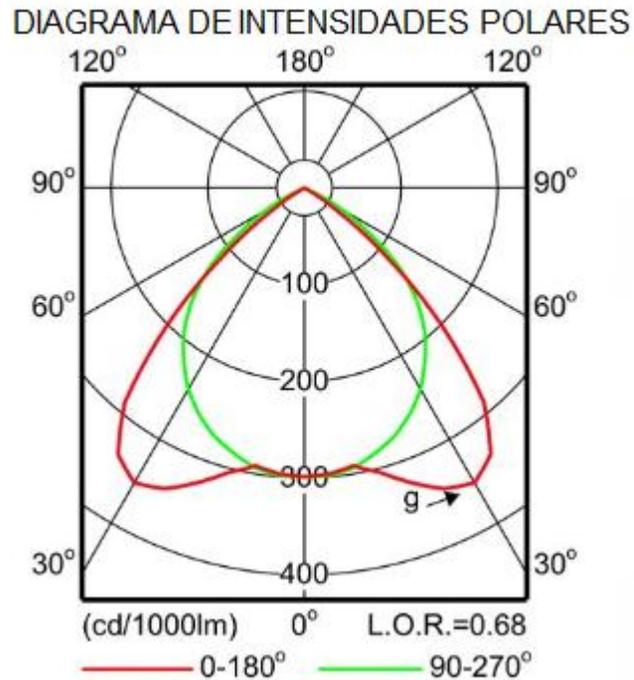
#### 3.3.2. NIVEL DE ILUMINANCIA MEDIA

La Sociedad Mexicana de Ingenieros en Iluminación (SMII) pide 600 luxes para la iluminación general del quirófano y 14,000 luxes para la iluminación de la mesa de operaciones.

Para ello las luminarias Impala TBS160, cumplen con esta recomendación ya que es una luminaria funcional de montaje empotrado para 4 lámparas de 36 w. Dispone de una óptica que no sólo cumple todas las normas de alumbrado y del deslumbramiento, sino que también proporciona un aspecto moderno y elegante. Sus delicadas curvas, casi orgánicas, y el diseño volumétrico tridimensional se combinan con el acabado metalizado muy brillante para proporcionar un diseño sumamente atractivo y un confort visual incomparable. (Figura 3.1).

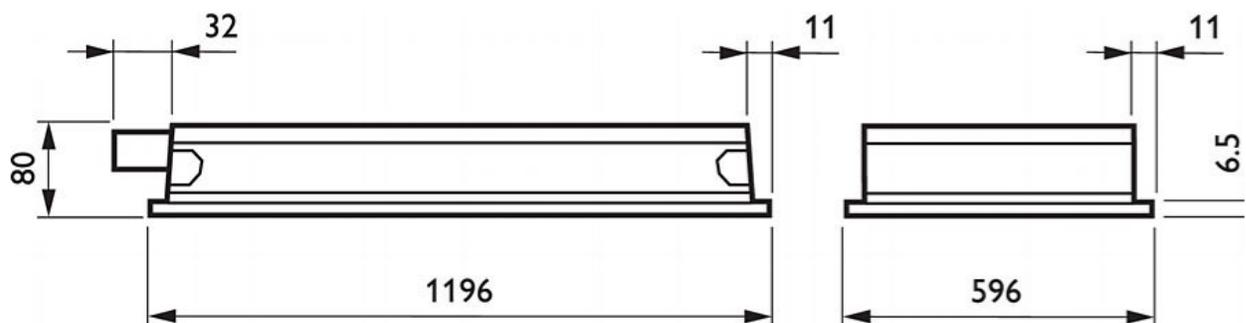
Las lámparas a utilizar serán de 36 watts con un flujo de lumen de 3200 lm.

A continuación se muestra en la (Figura 3.2) la curva fotométrica de la luminaria Impala TBS-160 dato proporcionado por el fabricante (Philips).



**Figura 3.2: Curva fotométrica para determinar la intensidad luminosa de la luminaria Impala TBS-160**

Dispone de una amplia variedad de ópticas (control adicional del haz para crear varios patrones de distribución de luz), así como de un cierre prismático, sus medidas son especificadas en la (Figura 3.3).



**Figura 3.3: Medidas de la lámpara expresadas en mm.**

### 3.3.3. ÍNDICE DE LOCAL

Con los datos proporcionados se determina el índice de local mediante la siguiente fórmula:

$$K = \frac{a \cdot b}{h \cdot (a+b)} \quad K = \frac{5.70 \cdot 7.57}{3.15 \cdot (5.70+7.57)} = 0.7875 = 0.80$$

El valor que nos proporciona el índice de local lo checamos en las tablas que nos proporciona el fabricante que en este caso es Philips de la luminaria (Tabla 3.1) junto con sus respectivos valores de reflectancia de techo, pared y suelo se buscan el valor de reflectancia en las tablas 2.7 y 2.8 del capítulo anterior.

	REFLECTANCIAS (%) DE TECHO, PAREDES Y PLANO DE TRABAJO										
TECHO	0.80	0.80	0.70	0.70	0.70	0.70	0.50	0.50	0.30	0.30	0.00
PARED	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.30	0.30	0.10	0.30	0.10	0.00
PISO	0.30	0.10	0.30	0.20	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.00
<b>k</b>											
0.60	0.40	0.38	0.39	0.39	0.38	0.33	0.33	0.30	0.33	0.30	0.29
0.80	0.48	0.45	0.47	0.46	0.45	0.41	0.40	0.37	0.40	0.37	0.36
1.00	0.54	0.50	0.53	0.52	0.50	0.46	0.46	0.43	0.45	0.43	0.42
1.25	0.60	0.55	0.59	0.57	0.55	0.51	0.51	0.48	0.50	0.48	0.47
1.50	0.64	0.58	0.63	0.60	0.58	0.55	0.54	0.52	0.53	0.51	0.50
2.00	0.70	0.63	0.69	0.65	0.62	0.60	0.59	0.57	0.58	0.56	0.55
2.50	0.74	0.65	0.72	0.68	0.65	0.62	0.62	0.60	0.61	0.59	0.58
3.00	0.76	0.67	0.74	0.70	0.66	0.64	0.63	0.62	0.62	0.61	0.60
4.00	0.79	0.68	0.77	0.72	0.68	0.66	0.65	0.64	0.64	0.63	0.62
5.00	0.81	0.69	0.78	0.73	0.69	0.67	0.66	0.65	0.65	0.64	0.63

**Tabla 3.1: Reflectancias de la lámpara Impala proporcionada por su fabricante<sup>1</sup>.**

<sup>1</sup> Catalogo de Philips.

Techo blanco = 80%      Suelo gris oscuro= 10%      Paredes claras= 50%

Con estos datos obtenemos un coeficiente de utilización de 0.45 con un factor de mantenimiento de 1 obtenido de igual forma por el fabricante.

### 3.3.4. CÁLCULO DEL FLUJO LUMINOSO TOTAL

La determinación del flujo luminoso en lux a través de la ecuación:

$$\Phi = \frac{E \cdot S}{\eta \cdot \eta_L \cdot \delta} \quad \Phi = \frac{600 \cdot 43.149}{0.50 \cdot 1} \quad \Phi = 51778.8$$

### 3.3.5. CÁLCULO DE LUMINARIAS

$$\text{NÚMERO DE LÁMPARAS} = \frac{600 \times 43.149}{3200 \times 0.50 \times 1} = 16.18 = 17$$

$$\text{NÚMERO DE LUMINARIAS} = \frac{17}{4} = 4.25 = 5$$

### 3.3.6. FIJACIÓN DEL EMPLAZAMIENTO DE LAS LUMINARIAS

A modo de hacer más uniforme la distribución de las luminarias se toman 6 en vez de 5.

Las luminarias no deben exceder de 1.5 m altura de montaje sobre el plano de trabajo de acuerdo a la tabla 2.9 del capítulo anterior.

### 3.3.7. DISTRIBUCIÓN DE LAS LUMINARIAS

$$N_{\text{ancho}} = \sqrt{\frac{N_{\text{Total}}}{\text{largo}}} \times \text{ancho} = N_{\text{ancho}} = \sqrt{\frac{6}{7.57}} \times 5.70 = 2.12 = 2$$

$$N_{\text{largo}} = N_{\text{ancho}} \times \left(\frac{\text{largo}}{\text{ancho}}\right) = 2.12 \times \frac{7.57}{5.70} = 2.81 = 3$$

$$dx = \frac{7.57}{3} \quad dx = 2.52 \text{ m}$$

$$dx^* = \frac{1.26}{2} \quad dx^* = 1.26 \text{ m}$$

$$dy = \frac{5.70}{2} \quad dy = 2.85 \text{ m}$$

$$dy^* = \frac{0.95}{2} \quad dy^* = 1.425 \text{ m}$$

Debe cumplir con la condición de que  $dx$  ,  $dy$  deben ser menores a 1-1.5 h

$$dx = 2.52 < 3.15$$

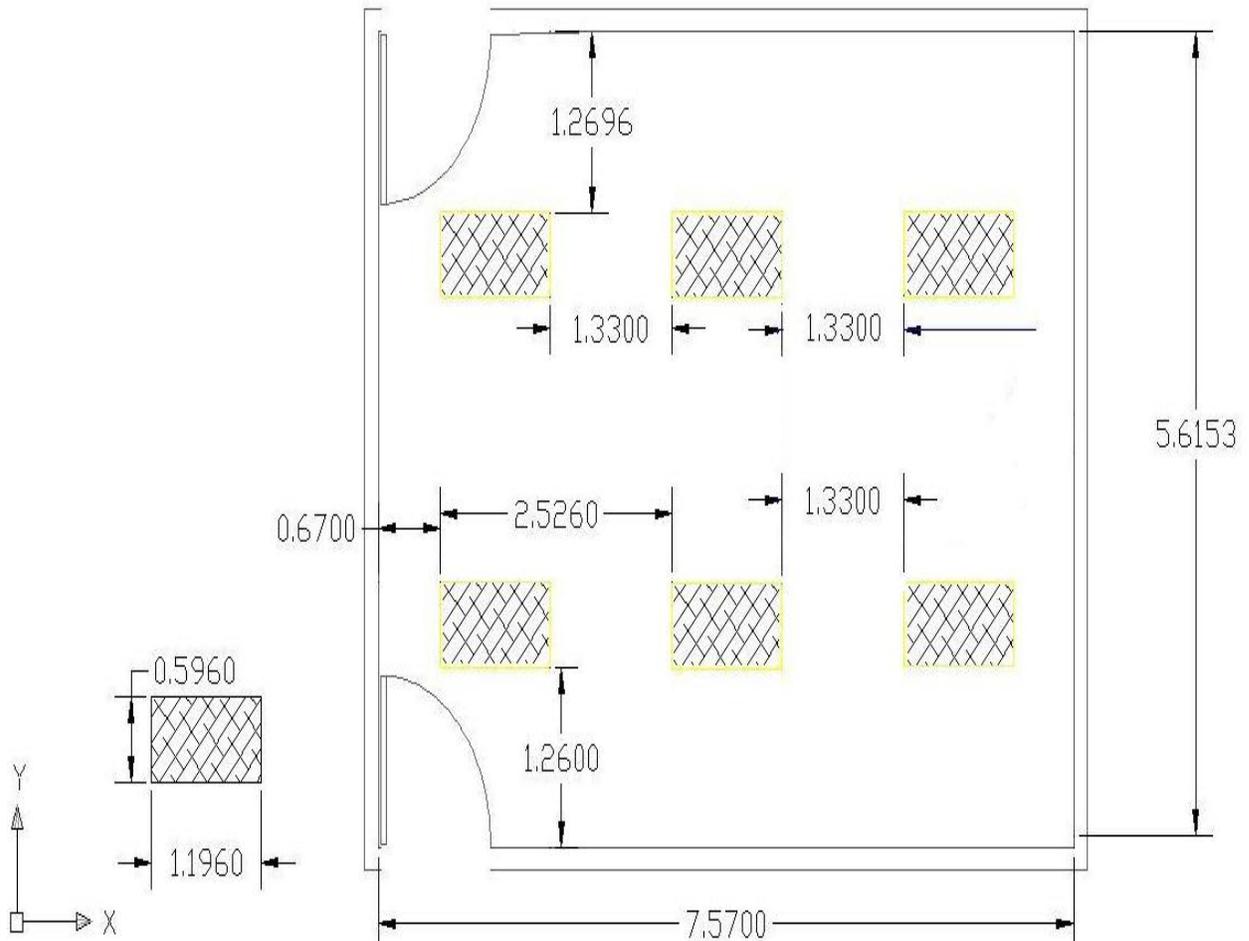
$$dy = 2.85 < 3.15$$

### 3.3.8. COMPROBACIÓN DE RESULTADOS

$$E_m = \frac{n\Phi_L \eta f_m}{S} \geq E_{\text{tabla}}$$

$$E_m = \frac{24 \times 3200 \times 0.50 \times 1}{43.149} = 889.93 = 900 \text{ lx} \geq 600 \text{ lx}$$

En el paso anterior se demuestra que el resultado proporcionado por las luminarias es mayor que la iluminancia requerida por la Sociedad Mexicana de Ingenieros en Iluminación (SMII), lo que significa que la iluminancia proporcionada es la adecuada para el quirófano (Figura 3.4).



**Figura 3.4: Ubicación de las luminarias en el quirófano.**

### 3.4. SOFTWARES APLICADOS EN EL DISEÑO DE ILUMINACIÓN

Para verificar el diseño presentado en el plano de iluminación del quirófano, se emplearon los siguientes programas: CALCULUX Indoor y DIALUX; los cuales corroboraran los resultados obtenidos por el cálculo de LUMEN.

### 3.4.1. SOFTWARE CALCULUX INDOOR

Básicamente para la aplicación del software CALCULUX se requiere conocer las dimensiones del local, la altura del plano del trabajo, los coeficientes de reflexión de las paredes, techo y piso, el nivel de iluminación y el tipo de luminaria a utilizar. Con estos datos el software estipula el número de luminarias requeridas y simula los niveles de iluminación en el área de estudio expresándolo en luxes (Figura 3.5)

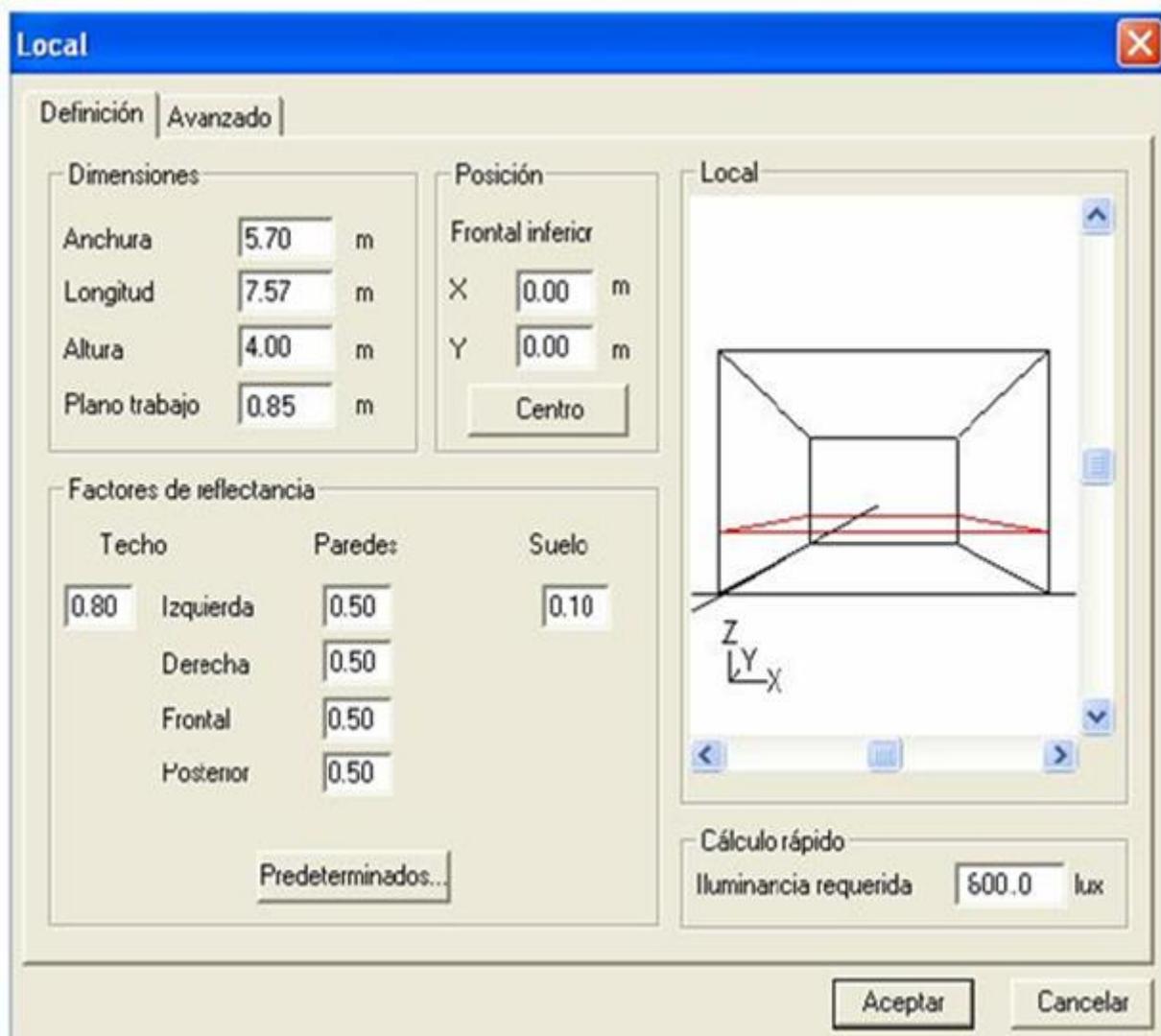


Figura 3.5: Registro de las dimensiones del quirófano.

El siguiente paso en el programa CALCULUX es determinar la cantidad de luminarias a utilizar y la distancia entre cada una de ellas.

Se observa también en la figura la distribución luminosa que tendrá cada una de las luminarias sobre el plano de trabajo (Figura 3.6 y 3.7).

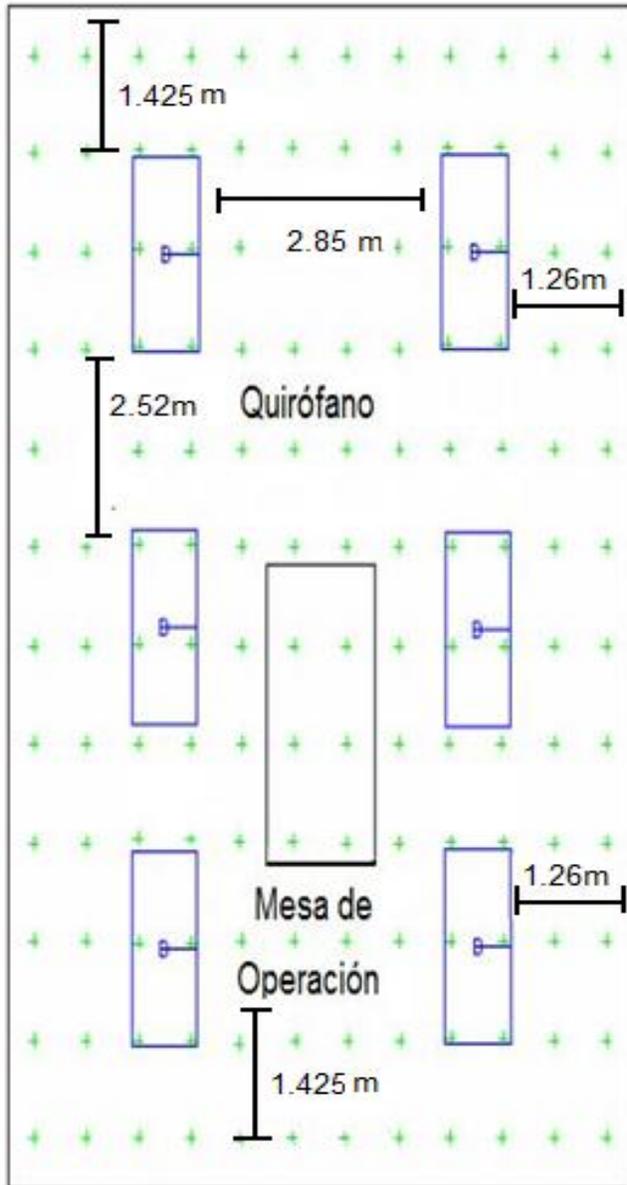


Figura 3.6: Distribución de las luminarias.

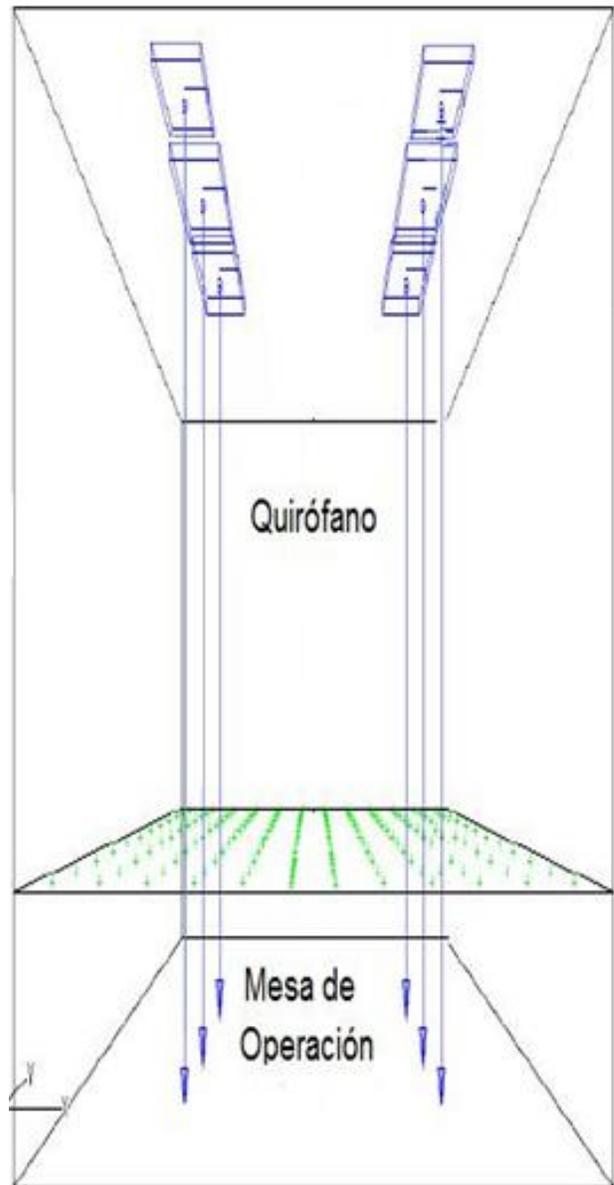


Figura 3.7: Distribución luminosa sobre la mesa de operaciones

El último paso nos proporciona la hoja de resultados en las que especifica las dimensiones del local, las reflectancias de las superficies, el tipo y cantidad de luminarias a ocupar, así como también los resultados de los cálculos de iluminancia en el quirófano (Figura 3.8).

1.1 Sumario del local						
Dimensiones del local			Superficie		Reflectancia	
Ancho	5.70	m	Techo	0.80		
Longitud	7.57	m	Pared izquierda	0.70		
Alto	4.00	m	Pared derecha	0.70		
Altura del plano de trabajo	0.85	m	Pared frontal	0.70		
			Pared posterior	0.70		
			Suelo	0.10		
1.2 Luminarias del proyecto						
Código	Ctad.	Tipo de luminaria	Tipo de lámpara	Pot. (W)	Flujo (lm)	
B	6	TBS160/436 C3	4* TL-D36W	144.0	4* 3200	
Potencia total instalada: 1.01 (kW)						
Número de luminarias por disposición:						
		Código				
Disposición		<u>luminarias</u>	Potencia (kW)			
		B				
Grupo local		6	1.01			
1.3 Resultados del cálculo						
Cálculos de (l)luminancia:						
Cálculo	Tipo	Unidad	MedMín/	MedMín/Máx	Result.	
Rejilla	Iluminancia en la superficie	lux	910	0.43	0.27	Total

**Figura 3.8: Hoja de resultados proporcionada por el software.**

### 3.4.2. SOFTWARE DIALUX

De la misma manera que en el programa anterior se calculará la iluminación en el programa Dialux empleando los mismos datos, que de igual forma se requiere conocer las dimensiones del local, la altura del plano del trabajo, los coeficientes de reflexión de las paredes, techo y piso, el nivel de iluminación y el tipo de luminaria a utilizar. Con estos datos el software estipula el número de luminarias requeridas y simula los niveles de iluminación en el área de estudio expresándolo en lux.

En la primera pantalla se proporciona la información del local y responsable del proyecto a realizar (Figura 3.9).

The screenshot shows the 'Asistente de iluminación DIALux' window. The title bar reads 'Asistente de iluminación DIALux'. The main heading is 'Informaciones sobre el proyecto' with the instruction 'Escriba toda la información relativa al proyecto, al local y al responsable del proyecto.' A 'light' logo is in the top right corner.

**Propiedades del proyecto**

Nombre de proyecto:

Nombre del local:

Descripción de proyecto:

Campos de datos de nombre libre, que aparecen en la portada del proyecto:

Nombre de campo:	Valor:
1. Contacto	<input type="text"/>
2. N° de encargo	<input type="text"/>
3. Empresa	<input type="text"/>
4. N° de cliente	<input type="text"/>
5.	<input type="text"/>

Haga clic aquí para guardar los nombres de campo para proyectos futuros.

**Proyecto elaborado por**

Elaborado por:

Teléfono:

FAX:

E-Mail:

Empresa:

Dirección:

Logo de la empresa:

Haga clic aquí para guardar los datos del responsable del proyecto para proyectos futuros.

Navigation buttons: < Atrás, **Siguiente >**, Cancelar

Figura 3.9: Información sobre el proyecto.

Después en otra ventana del software se introducen las medidas del local, las reflectancias de techo, paredes y piso, ahí mismo se seleccionan las luminarias adecuadas para la iluminación requerida para el quirófano (Figura 3.10).

**Asistente de iluminación DIALux**

**Entrada de datos**  
Escriba aquí todos los valores necesarios para el local y seleccione su luminaria

**Geometría del local**

Longitud (a): 7.570 m  
Anchura (b): 5.700 m  
Altura: 4.000 m

Utilizar local en L

c: 2.700 m  
d: 1.800 m

**Boceto:**

**Prueba:**

**Grado de reflexión**

Techo: 80 % Definido por el usuario  
Paredes: 50 % Definido por el usuario  
Suelo: 10 % Definido por el usuario

**Parámetros del local**

Valores de referencia:  
Ejemplo de empleo

Factor de degradación: 0.80

**Plano útil**

Altura: 0.850 m  
Zona marginal: 0.000 m

Figura 3.10: Entrada de datos de las dimensiones del local.

En la siguiente ventana se muestran las luminarias a utilizar así como también muestra la separación que debe haber entre cada una de ellas (Figura 3.11).

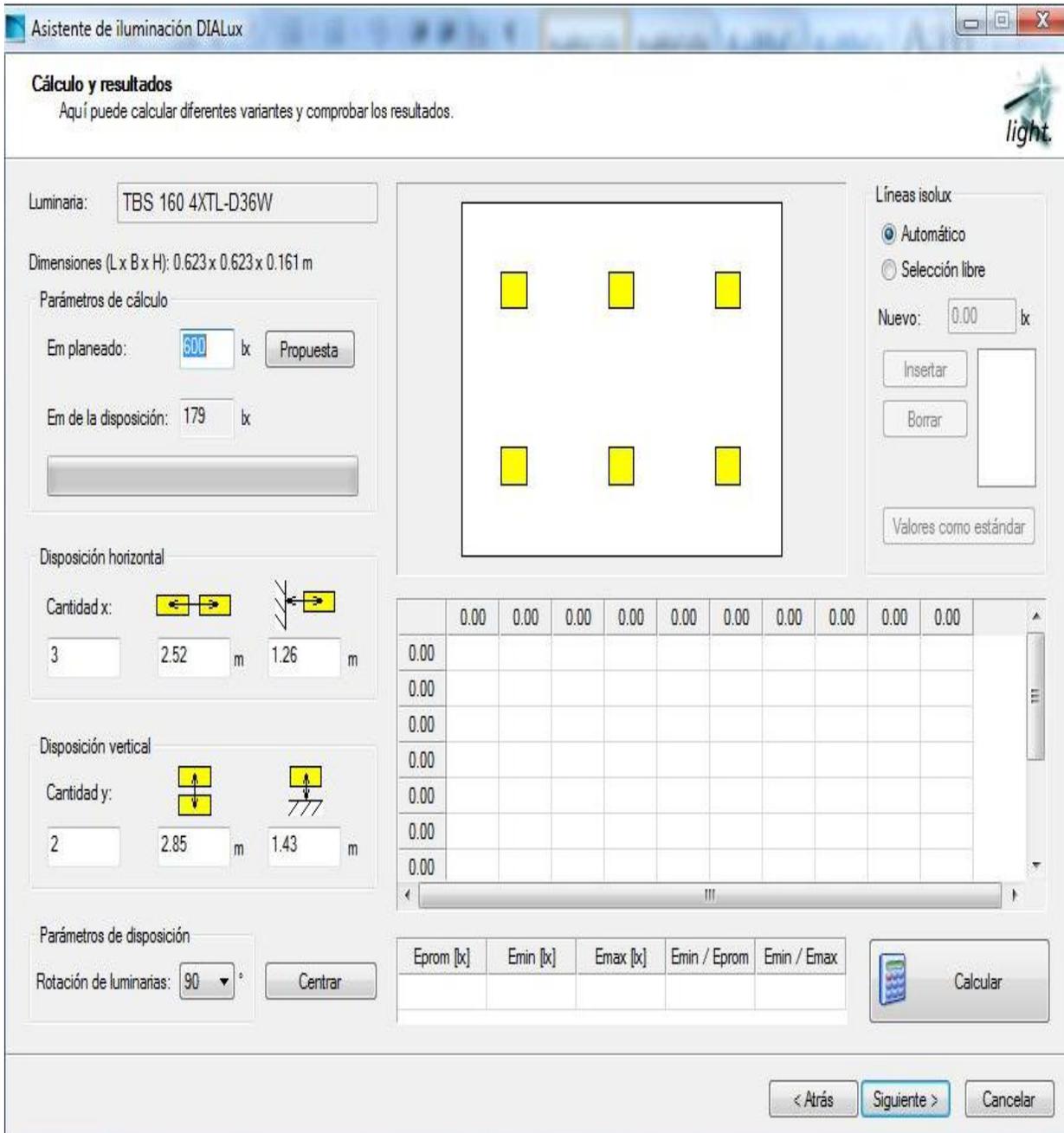
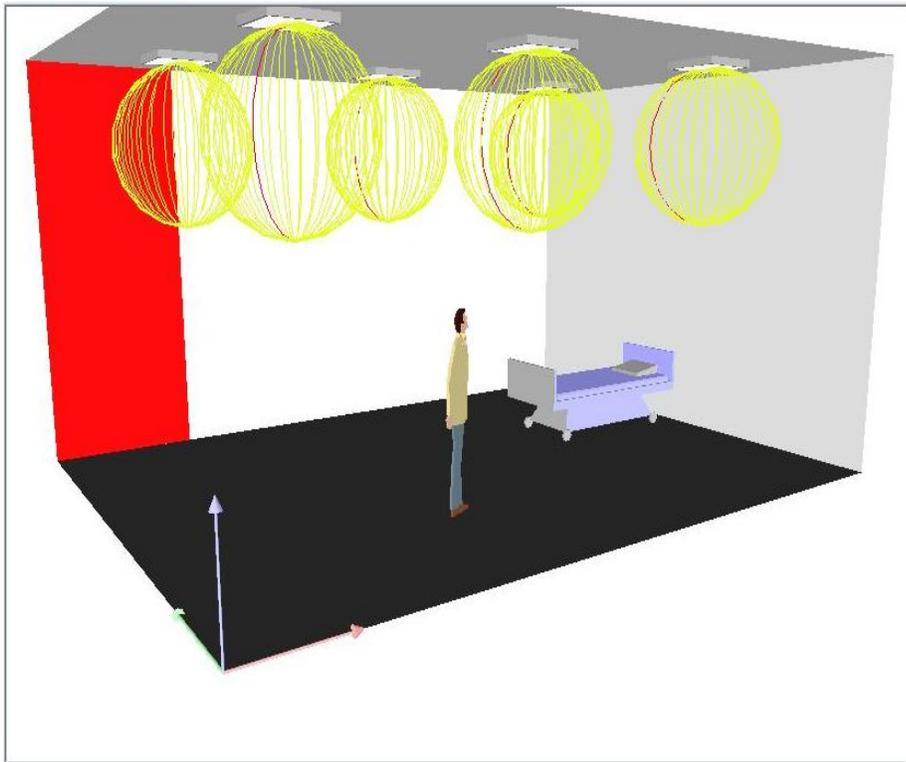


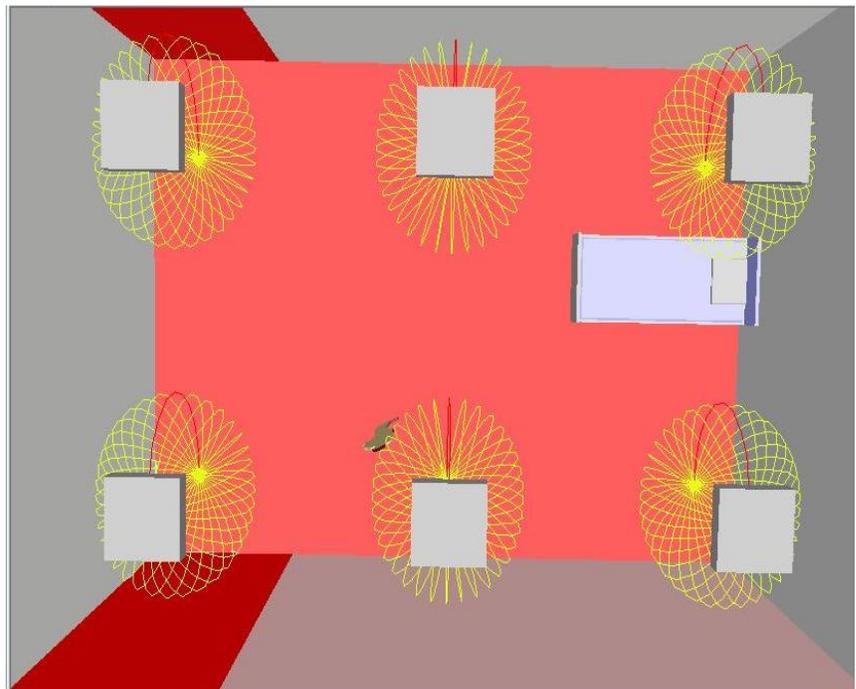
Figura 3.11: Hoja de distribución horizontal y vertical de las luminarias.



En las siguientes ilustraciones se muestra, el quirófano con las luminarias a ocupar y su distribución luminosa sobre el plano de trabajo en 3D (Figura 3.12).

**Figura 3.12: Vista asimétrica del plano de trabajo.**

En la figura se observa la separación que tienen las luminarias entre ellas y las 4 paredes que conforman el quirófano (Figura 3.13).



**Figura 3.13: Vista superior del plano de trabajo.**

### 3.5. PROYECTO ELÉCTRICO

Como se puede observar tanto el método de lumen como el de los 2 software de aplicación concuerdan en lo referente a la distribución y dimensionamiento de las luminarias, a continuación se presentan los cálculos pertinentes para la realización del plano arquitectónico de la instalación y su diagrama unifilar.

#### 3.5.1. CUADRO DE CARGAS

En la siguiente (Tabla 3.2) se registran todas las cargas de la instalación eléctrica, con el objeto de dividir las en circuitos.

CIRC	CANT	DESCRIPCION	POTENCIA	CORRIENTE	CAP. ITM	CONDUCTORES
C1	3	Lámparas impalas	1476VA	11.62 A	15 A	2-12 AWG, 1-12 D
C2	3	Lámparas impalas	1476 VA	11.62 A	15 A	2-12 AWG, 1-12 D
C3	1	Contacto de rayos X	2540 VA	20 A	30A	2-10 AWG, 1-12 D
C4	1	Contactos de uso general	1905 VA	15 A	20 A	2-10 AWG, 1-12 D
C5	1	Contacto de uso general	1905 VA	15 A	20 A	2-10 AWG, 1-12 D
C6	1	Contacto de uso general	1905 VA	15 A	20 A	2-10 AWG, 1-12 D
C7	1	Contacto de uso general	1905 VA	15 A	20 A	2-10 AWG, 1-12 D
C8	1	Contacto de uso general	1905 VA	15 A	20 A	2-10 AWG, 1-12 D

**Tabla 3.2: Distribución de las cargas de la instalación eléctrica en el quirófano.**

Según el cuadro de cargas, la carga total es de 15017 VA y representa a la totalidad de las cargas de nuestra instalación eléctrica.

Concluyendo también que los circuitos derivados de alumbrado y uso general quedaran:

- 2 circuitos derivados de iluminación.
- 5 circuitos derivados para receptáculos de uso general
- 1 circuito derivado para receptáculo de rayos X

Entonces será necesario un centro de carga de por lo menos 8 ITM's o similar.

### 3.5.2. CÁLCULO DE LAS PROTECCIONES

Las protecciones normalmente se calculan al 120 % de la corriente de la carga a proteger, o dicho de otra manera, una protección en condiciones normales debe funcionar aún 80% de su valor nominal de corriente.

CAPACIDAD DE CORRIENTE DEL CIRCUITO SEGÚN SU PROTECCIÓN					
PROTECCIÓN	10 A	15A	20A	30A	40A
CORRIENTE	8A	12A	16A	24A	32A

**Tabla 3.3: Protecciones de acuerdo a la corriente suministrada.**

De acuerdo a la (Tabla 3.3) utilizaremos una protección de 15 A para las luminarias ya que no sobrepasa la corriente indicada; para los receptáculos de uso general utilizaremos una protección de 20 A, y en el receptáculo de Rayos X utilizaremos una protección de 30 A.

No se permite utilizar un conductor con capacidad de corriente menor al valor de la protección (ITM O FUSIBLE), ya que esta dejaría de cumplir con su misión.

### 3.5.3. CÁLCULO DE LOS CONDUCTORES DE LOS CIRCUITOS DERIVADOS

Los conductores de un circuito derivado o de un alimentador se determinan mediante el uso de la (Tabla 3.4) de la NOM-001-SEDE-2005 art 20-40.

Clasificación de circuito (A)	15	20	30	40	50
Conductores (tamaño o designación nominal mínimo mm <sup>2</sup> -AWG):					
Conductores del circuito*	2,08(14)	3,31(12)	5,26(10)	3,37(8)	13,3(6)
Derivaciones	2,08(14)	2,08(14)	2,08(14)	3,31(12)	3,31(12)
Cables y cordones de artefactos eléctricos, véase 240-4					
Protección contra sobrecorriente (A)	15	20	30	40	50
Dispositivos de salida:					
Portalámparas permitidos	De cualquier Tipo	De cualquier Tipo	Servicio pesado	Servicio pesado	Servicio pesado
Valor nominal del receptáculo**	15 A máx.	15 A o 20 A	30 A	40 A o 50 A	50 A
Carga Máxima, en amperes (A)	15	20	30	40	50
Carga Permisible	Véase 210-23(a)	Véase 210-23(a)	Véase 210-23(b)	Véase 210-23(c)	Véase 210-23 (c)
* Estos tamaños se refieren a conductores de cobre.					
** Para la capacidad de conducción de corriente de los artefactos eléctricos de alumbrado por descarga conectados con cordón y clavija, véase 410-30(c).					

**Tabla 3.4: Conductores del circuito en base a la corriente suministrada.**

De acuerdo a lo anterior observamos que para las luminarias emplearemos calibre del #12 AWG para las luminarias, en los receptáculos de uso general y rayos X ocuparemos calibre del #10AWG.

### 3.5.4. CÁLCULO DE LAS CANALIZACIONES

Las canalizaciones se determinan sumando las áreas o secciones transversales de los conductores con todo y aislamiento que irán en dicha canalización, respetando el efecto de relleno correspondiente, así como los factores de corrección aplicables.

En esta instalación canalizaremos 4 conductores calibre 12 AWG con aislamiento THHW-LS teniendo este una sección de 11.77 mm<sup>2</sup> conductor desnudo calibre 12 AWG. Entonces multiplicamos este valor por el número de conductores, que en este caso es de 4 obteniendo un valor de 47.08 mm<sup>2</sup>, a este valor le agregamos la sección del conductor calibre 12 desnudo, que es de 3.31 mm<sup>2</sup>, obteniendo un valor total de 50.39 mm<sup>2</sup>. Este ultimo valor obtenido representa la suma de las secciones transversales de todos los conductores que serán alojados en una canalización, por lo que para determinar dicha canalización, buscamos un valor igual o mayor que 50.39 mm<sup>2</sup> en la (Tabla 3.5) en la columna del 40% que es el factor de relleno aplicable a 3 o más conductores y obtenemos que le corresponde el valor de 78 mm<sup>2</sup>, correspondiente al tubo de 16(1/2).

Realizamos el mismo procedimiento para las demás canalizaciones obteniendo la misma canalización de 16(1/2) para los demás circuitos.

Designación	Diámetro interior mm	Área interior Total mm <sup>2</sup>	ÁREA DISPONIBLE PARA CONDUCTORES(mm <sup>2</sup> )		
			Uno conductor Fr=53%	Dos conductores Fr=31%	Más de dos conductores Fr=40%
16(1/2)	15,8	196	103	60	78
21 (3/4)	20,9	344	181	106	137
27 (1)	26,6	557	294	172	222
35 (1-1/4)	35,1	965	513	299	387
41 (1-1/2)	40,9	1313	697	407	526
53 (2)	52,5	2165	1149	671	867
63 (2-1/2)	62,7	3089	1638	956	1236
78 (3)	77,9	4761	2523	1476	1904
91 (3-1/2)	90,1	6379	3385	1977	2555
103 (4)	102,3	8213	4349	2456	3282
129 (5)	128,2	12907	6440	4001	5163
155 (6)	154,1	18639	9879	5778	7456

**Tabla 3.5: Dimensiones de tubo conduit metálico tipo pesado, semipesado y ligero.**

### 3.5.5. DIAGRAMA UNIFILAR

El diagrama unifilar (Figura 3.14) nos muestra un resumen de la instalación eléctrica, a través de un solo hilo, aunque en realidad pueden ser 2 o más conductores.

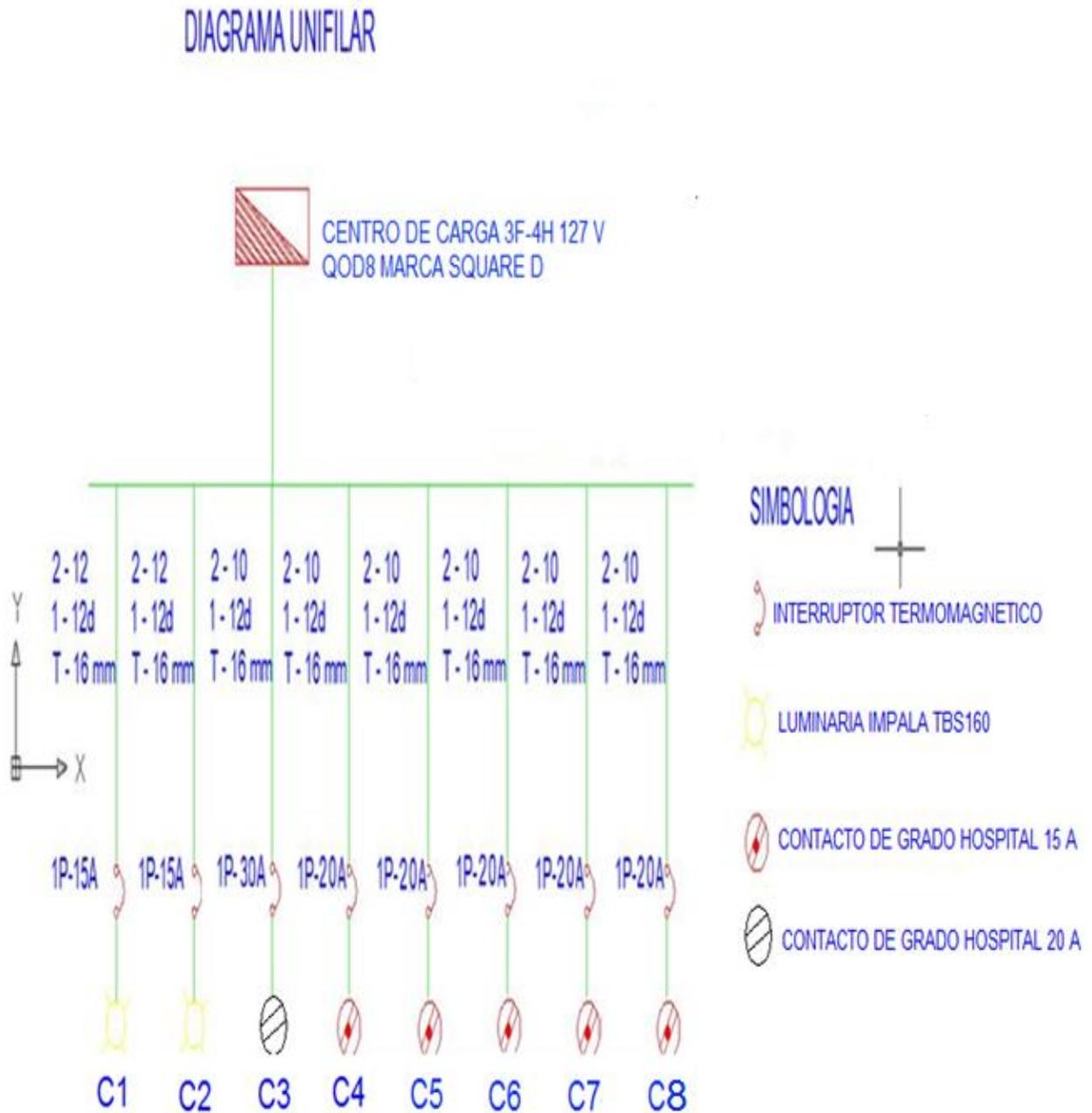


Figura 3.14: Diagrama unifilar de la instalación eléctrica del quirófano.

### 3.5.6. PLANO ELÉCTRICO

En la siguiente (Figura 3.15) se muestra como quedara distribuidas las luminarias y los receptáculos a lo largo del quirófano hospitalario.

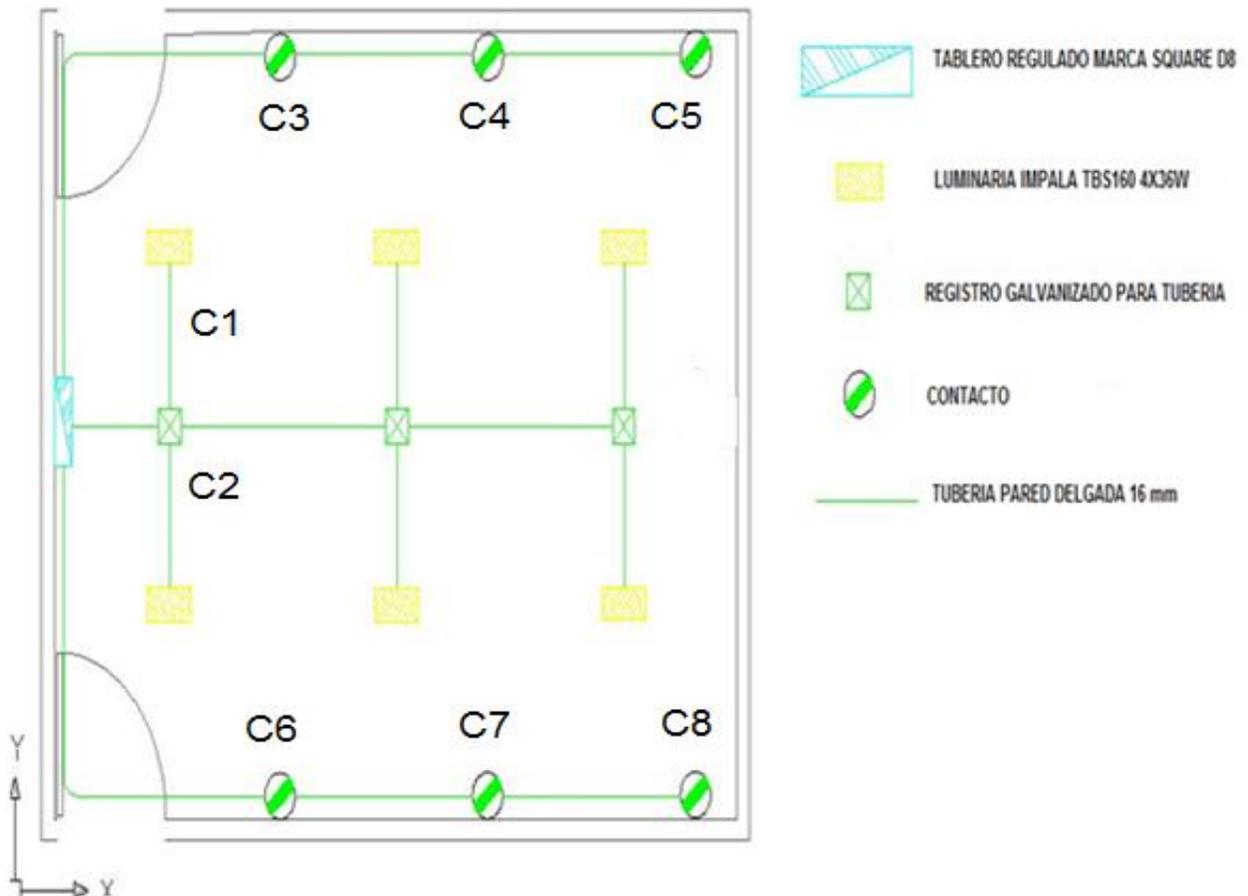


Figura 3.15: Plano eléctrico de la instalación del quirófano hospitalario

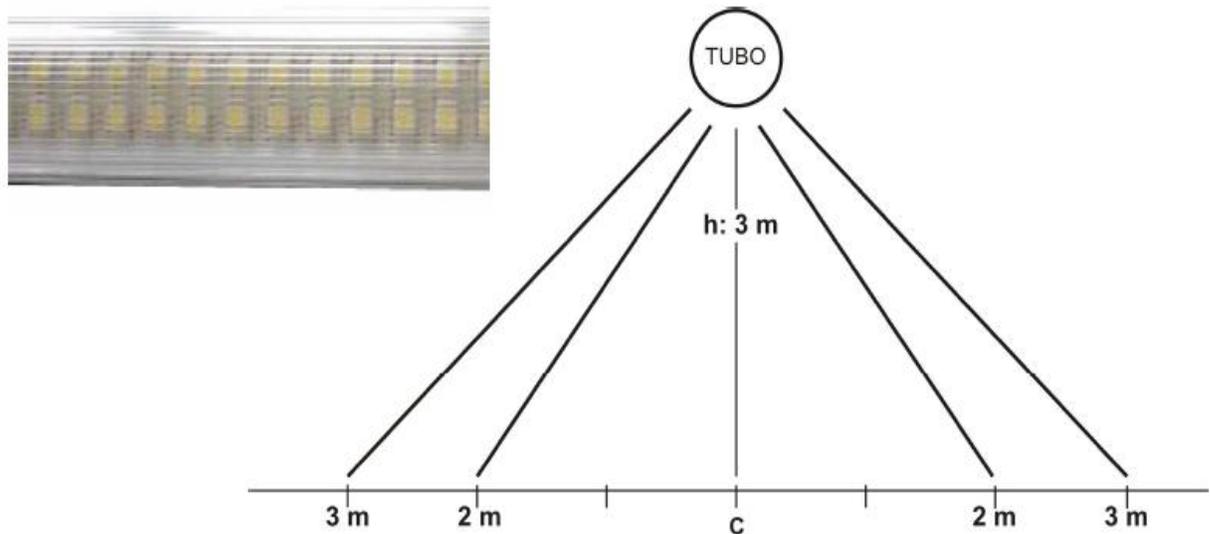
### 3.6. TECNOLOGÍA LED

Las ventajas del sistema LED son importantes: carece de toxicidad y su gasto energético es mucho menor. Son lámparas muy resistentes y poseen una duración muy alta, en torno a las 50.000 horas de funcionamiento, en comparación con las incandescentes, que tienen unas 1.000 horas.

### 3.6.1. TUBO DE LED's

El nuevo Tubo LED-LT, ha sido diseñado para sustituir tubos fluorescentes convencionales por tecnología LED (Figura 3.16).

Esta línea de tubos LED ha estado desarrollándose especialmente para sustituir los tubos fluorescentes convencionales en aplicaciones donde el continuo reemplazo de lámparas representa un enorme costo, tanto de material como de mano de obra.



TUBO	Izquierda 3 m	Izquierda 2m	Centro	Derecha 2m	Derecha 3m
LED-LT-120-XX 22W	21 lux	34,6 lux	53,2 lux	34,6 lux	21,5 lux
T8 36 W (60W consumo)	20 lux	29,2 lux	41,9 lux	29,2 lux	21 lux

**Figura 3.16: Ejemplo de un tubo de LED y comparación tubo convencional 120cm/tubo LED altura de 3m.**

Este tubo encaja directamente en las pantallas de fluorescentes estándar ofreciendo una luz LED blanca de alta calidad comparable a la luz fluorescente tradicional, y aportando los beneficios implícitos de la tecnología LED:

- Larga vida
- Bajo consumo y alta eficiencia energética
- Libre de mercurio y contaminantes evitando las necesidades actuales de reciclaje de fluorescentes
- Luz sin molestos destellos ni zumbidos
- Encendido instantáneo
- Temperatura de trabajo fría
- Instalaciones libres de mantenimiento.

El tubo de LED's ahorra hasta un 75% de energía eléctrica comparado con los fluorescentes tradicionales y está especialmente recomendado en aquellas aplicaciones donde la luz tiene que permanecer encendida permanentemente o durante largos periodos de tiempo como un hospital.

A continuación se enumeran los puntos más importantes para su descripción general:

- 1) Frontal en acrílico y cubierta trasera de aluminio pulido.
- 2) La cubierta acrílica además de protección actúa como lente amplificando el haz luminoso.
- 3) Disponible con cubierta transparente o blanca difusora de luz
- 4) Voltajes de trabajo desde 80 a 300 VAC. 24 VDC, 12 VDC, 72 VDC y otras tensiones, opcionales
- 5) Funciona sin balasto, aunque no hace falta quitarlo en instalaciones antiguas. Caso de haber cebador, quitarlo.
- 6) Dimensiones equivalentes a las de un fluorescente convencional y totalmente intercambiables.
- 7) Vida útil sobre 50,000 horas y garantía estándar de 3 años.
- 8) Potencia consumida de 36W.
- 9) Temperaturas ambiente de trabajo desde - 40°C hasta +50°C.



### 3.7.1.1. DESMONTE DE GABINETES Y LÁMPARAS

La (Tabla 3.7) se muestra que el desmonte de gabinetes y lámparas, cuya actividad se realizará en dos días; para esta actividad no se requiere de material ya que solamente empleará la mano de obra la cual tiene un costo total de \$2,352.36 pesos.

<b>DESMONTE DE GABINETES Y LAMPARAS</b>						
ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
CONCEPTO		UNIDAD	PERSONAL	DIAS	SALARIO	IMPORTE
1.-MANO DE OBRA				LABORADOS	DIARIO	
a) SUPERVISOR		JOR.	1	2	\$ 400.00	\$ 800.00
b) TECNICO ELECTRICISTA		JOR.	1	2	\$ 320.00	\$ 640.00
c) CABO		JOR.	1	2	\$ 200.00	\$ 400.00
COSTO DIRECTO					SUMA	\$ 1,840.00
COSTO INDIRECTO		16.5477%			SUMA	\$ 304.47
					SUMA	\$ 2,144.47
FINANCIAMIENTO		1.2504%				\$ 26.81
					SUMA	\$ 2,171.28
UTILIDAD		8.34%				\$ 181.08
				<b>TOTAL</b>		<b>\$ 2,352.36</b>

**Tabla 3.7: Análisis de precios unitarios para la actividad de desmonte de gabinetes y lámparas**

### 3.7.1.2. TENDIDO DE CABLES

En la siguiente (Tabla 3.8) se muestra el personal que laborara en el tendido de cables, que se realizará en tres días, esta actividad tiene un costo de mano de obra de \$3,528.55 pesos.

En la (Tabla 3.9) se detalla el material a utilizar el cual presenta un costo de \$4,952.22.

<b>TENDIDO DE CABLES</b>						
ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
CONCEPTO		UNIDAD	PERSONAL	DIAS LABORADOS	SALARIO DIARIO	IMPORTE
1.-MANO DE OBRA						
	a) SUPERVISOR	JOR.	1	3	\$ 400.00	\$ 1,200.00
	b) TECNICO ELECTRICISTA	JOR.	1	3	\$ 320.00	\$ 960.00
	c) CABO	JOR.	1	3	\$ 200.00	\$ 600.00
	COSTO DIRECTO				SUMA	\$ 2,760.00
	COSTO INDIRECTO		16.5477%		SUMA	\$ 456.71
					SUMA	\$ 3,216.71
	FINANCIAMIENTO		1.2504%			\$ 40.22
					SUMA	\$ 3,256.93
	UTILIDAD		8.34%			\$ 271.62
					TOTAL	\$ 3,528.55

**Tabla 3.8: Análisis de precios unitarios de mano de obra para la actividad tendido de cables.**

<b>TENDIDO DE CABLES</b>					
2.-MATERIALES		U.M.	CANTIDAD	COSTO	IMPORTE
	a) CONDUCTOR DE UN POLO AWG #10	m.L.	50	\$ 9.00	\$ 450.00
	b) CONDUCTOR DE UN POLO AWG # 12	m.L.	30	\$ 8.00	\$ 240.00
	c) INTERRUPTOR ELECTROMAGNÉTICO SQUARE D(15 amp)	PZA	10	\$ 83.60	\$ 836.00
	d) CENTRO DE CARGA SQUARE D (10 CIRCUITOS)	PZA	1	\$ 1,800.00	\$ 1,800.00
	e) TUBO CONDUIT PARED DELGADA DE 16 mm (3m)	m.L.	24	\$ 20.00	\$ 480.00
	f) ACCESORIOS CONDUIT 16mm	LOTE	1	\$ 500.00	\$ 500.00
	g) CINTA DE AISLAR	PZA	3	\$ 10.00	\$ 30.00
	h) CONTACTOS DUPLEX DE 15 A-127 VOLTS	PZA	5	\$ 30.00	\$ 150.00
	g) CONTACTO DUPLEX DE 20 A-127 VOLTS	PZA	1	\$ 38.00	\$ 38.00
	COSTO DIRECTO			SUMA	\$ 4,524.00
	COSTO INDIRECTO		16.5477%	SUMA	\$ 7.1750
				SUMA	\$ 4,531.18
	FINANCIAMIENTO		1.2504%		\$ 54.30
				SUMA	\$ 4,585.48
	UTILIDAD		8.34%		\$ 366.74
				TOTAL	\$ 4,952.22

**Tabla 3.9: Análisis de precios unitarios de material para la actividad tendido de cables.**

En la (Tabla 3.10) se observa tanto el material como de mano de obra para el tendido de cables obteniendo un costo total de \$8,480.77.

<b>TENDIDO DE CABLES</b>			
ACTIVIDAD			IMPORTE
SUBTOTAL DE MATERIALES			\$ 4,952.22
SUBTOTAL DE MANO DE OBRA			\$ 3,528.55
<b>COSTO TOTAL</b>			<b>\$ 8,480.77</b>

**Tabla 3.10: Costo total de la actividad tendido de cables.**

### 3.7.1.3. INSTALACIÓN DE TRANSFORMADORES (127-220 V)

En la siguiente (Tabla 3.11) se muestra que esta actividad tendrá una duración de un día, la cual tendrá un costo de mano de obra de \$1,176.17.

<b>INSTALACIÓN DE TRANSFORMADORES (127-220 V)</b>						
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
CONCEPTO		UNIDAD	PERSONAL	DIAS LABORADOS	SALARIO DIARIO	IMPORTE
1.-MANO DE OBRA	a) SUPERVISOR	JOR.	1	1	\$ 400.00	\$ 400.00
	b) TECNICO ELECTRICISTA	JOR.	1	1	\$ 320.00	\$ 320.00
	c) CABO	JOR.	1	1	\$ 200.00	\$ 200.00
	COSTO DIRECTO				SUMA	\$ 920.00
	COSTO INDIRECTO		16.5477%		SUMA	\$ 152.23
					SUMA	\$ 1,072.23
	FINANCIAMIENTO		1.2504%			\$ 13.40
					SUMA	\$ 1,085.63
	UTILIDAD		8.34%			\$ 90.54
					<b>TOTAL</b>	<b>\$ 1,176.17</b>

**Tabla 3.11: Análisis de precios unitarios de mano de obra para la actividad de instalación de transformadores.**



### 3.7.1.4. INSTALACIÓN DE GABINETES

En la (Tabla 3.14) se muestra que la actividad de instalación de gabinetes se realizará en un periodo de tres días, la cual tendrá un costo de mano de obra de 3,528.55.

<b>INSTALACIÓN DE GABINETES</b>						
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
CONCEPTO		UNIDAD	PERSONAL	DIAS LABORADOS	SALARIO DIARIO	IMPORTE
1.-MANO DE OBRA						
	a) SUPERVISOR	JOR.	1	3	\$ 400.00	\$ 1,200.00
	b) TECNICO ELECTRICISTA	JOR.	1	3	\$ 320.00	\$ 960.00
	c) CABO	JOR.	1	3	\$ 200.00	\$ 600.00
	COSTO DIRECTO				SUMA	\$ 2,760.00
	COSTO INDIRECTO		16.5477%		SUMA	\$ 456.71
					SUMA	\$ 3,216.71
	FINANCIAMIENTO		1.2504%			\$ 40.22
					SUMA	\$ 3,256.93
	UTILIDAD		8.34%			\$ 271.62
					TOTAL	\$ 3,528.55

**Tabla 3.14: Análisis de precios unitarios de mano de obra para la actividad de instalación de gabinetes.**

En la siguiente (Tabla 3.15) se detalla la cantidad y tipo de gabinetes a utilizar, para la realización de esta actividad, la cual tiene un costo de \$10,797.40.



### 3.7.1.5. SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE LÁMPARAS

En la (Tabla 3.17) se muestra el suministro y colocación de lámparas que se llevará a cabo de un día, el cual tendrá un costo de mano de obra de \$1,176.17.

<b>SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE LÁMPARAS</b>						
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
CONCEPTO		UNIDAD	PERSONAL	DIAS	SALARIO	IMPORTE
1.-MANO DE OBRA				LABORADOS	DIARIO	
	a) SUPERVISOR	JOR.	1	1	\$ 400.00	\$ 400.00
	b) TECNICO ELECTRICISTA	JOR.	1	1	\$ 320.00	\$ 320.00
	c) CABO	JOR.	1	1	\$ 200.00	\$ 200.00
	COSTO DIRECTO				SUMA	\$ 920.00
	COSTO INDIRECTO		16.5477%		SUMA	\$ 152.23
					SUMA	\$ 1,072.23
	FINANCIAMIENTO		1.2504%			\$ 13.40
					SUMA	\$ 1,085.63
	UTILIDAD		8.34%			\$ 90.54
				TOTAL		\$ 1,176.17

**Tabla 3.17: Análisis de precios unitarios de mano de obra para la actividad de suministro y colocación de lámparas**

En la siguiente (Tabla 3.18) se detalla la cantidad y tipo de lámparas utilizadas para la realización de esta actividad, obteniendo un costo de \$19,944.07.

<b>SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE LÁMPARAS</b>					
2.-MATERIALES	U.M.	CANTIDAD	COSTO	IMPORTE	
a) LAMPARA LED T8 36 Watts marca ERMEC	PZA	24	\$ 650.00	\$ 15,600.00	
COSTO DIRECTO			SUMA	\$ 15,600.00	
COSTO INDIRECTO			16.5477%	SUMA	
			SUMA	\$ 18,181.44	
FINANCIAMIENTO			1.2504%	SUMA	
			SUMA	\$ 227.34	
			SUMA	\$ 18,408.78	
UTILIDAD			8.34%	SUMA	
			SUMA	\$ 1,535.29	
SUMA DE MANO DE OBRA Y MATERIALES			SUBTOTAL MATERIALES		\$ 19,944.07
			SUBTOTAL MANO DE OBRA		\$ 1,176.17
			TOTAL		\$ 21,120.24

**Tabla 3.18: Análisis de precios unitarios de materiales para la actividad de suministro y colocación de lámparas.**

En la (Tabla 3.19) se observa el costo de material como de mano de obra para el suministro y colocación de lámparas, siendo de \$21,120.24.

<b>SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE LAMPARAS</b>			
ACTIVIDAD			IMPORTE
SUBTOTAL DE MATERIALES			\$ 19,944.07
SUBTOTAL DE MANO DE OBRA			\$ 1,176.17
COSTO TOTAL			\$ 21,120.24

**Tabla 3.19: Costo total de la actividad suministro y colocación de lámparas.**

### 3.7.1.6. PRUEBA Y CORRECCIÓN DE FALLAS

En la siguiente (Tabla 3.20) se muestra la prueba y corrección de fallas que se realizará en un día, en esta actividad se requiere solamente la mano de obra la cual tiene un costo de \$1,176.17.

<b>PRUEBA Y CORRECCIÓN DE FALLAS</b>						
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
CONCEPTO		UNIDAD	PERSONAL	DIAS LABORADOS	SALARIO DIARIO	IMPORTE
1.-MANO DE OBRA						
	a) SUPERVISOR	JOR.	1	1	\$ 400.00	\$ 400.00
	b) TECNICO ELECTRICISTA	JOR.	1	1	\$ 320.00	\$ 320.00
	c) CABO	JOR.	1	1	\$ 200.00	\$ 200.00
	COSTO DIRECTO				SUMA	\$ 920.00
	COSTO INDIRECTO		16.5477%		SUMA	\$ 152.23
					SUMA	\$ 1,072.23
	FINANCIAMIENTO		1.2504%			\$ 13.40
					SUMA	\$ 1,085.63
	UTILIDAD		8.34%			\$ 90.54
					TOTAL	\$ 1,176.17

**Tabla 3.20: Análisis de precios unitarios de mano de obra para la actividad de suministro y colocación de lámparas**

### 3.7.1.7. PRESUPUESTO FINAL

En esta parte del trabajo se realizara el costo total de cada una de las actividades para la conclusión de este proyecto.

La (Tabla 3.21) nos indica que la nueva instalación eléctrica tendrá un costo total de \$51,059.46.

<b>COSTO TOTAL DE LAS ACTIVIDADES PARA LA NUEVA ILUMINACION CON TECNOLOGIA LED</b>		
No	ACTIVIDAD	COSTO
1	DESMONTE DE GABINETES Y LAMPARAS	\$ 2,352.36
2	TENDIDO DE CABLES	\$ 8,480.77
3	INSTALACIÓN DE TRANSFORMADORES (127-220)Volts	\$ 3,603.97
4	INSTALACIÓN DE GABINETES	\$ 14,325.95
5	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE LÁMPARAS	\$ 21,120.24
6	PRUEBA Y CORRECIÓN DE FALLAS	\$ 1,176.17
TOTAL		\$ 51,059.46

**Tabla 3.21: Costo total del proyecto con tecnología LED.**

### 3.7.2 PROGRAMA DE ACTIVIDADES PARA ILUMINACIÓN FLUORESCENTE

Este tipo de instalación se llevara a cabo de la misma manera que la de iluminación con tecnología LED a excepción de la actividad de suministro y colocación de lámparas, ya que para esta instalación serán empleadas las lámparas fluorescentes de 36 W, así como la colocación de balastos electrónicos para esta tecnología.

En la siguiente (Tabla 3.22) se observa que se realizarán 6 actividades las cuales durarán en un lapso de 11 días hábiles, realizándose cada una de estas actividades en un plazo no mayor a lo descrito en la tabla.

PROGRAMA DE ACTIVIDADES PARA LA NUEVA ILUMINACION CON TECNOLOGIA FLUORESCENTE																					
No	ACTIVIDAD	DURACION (MES)																			
		SEMANA 1					SEMANA 2					SEMANA 3					SEMANA 4				
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	DESMONTE DE GABINETES Y LÁMPARAS	■	■																		
2	TENDIDO DE CABLES			■	■	■															
3	INSTALACIÓN DE TRANSFORMADORES (127V-220V)									■											
4	INSTALACIÓN DE GABINETES									■	■	■									
5	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE LAMPARAS																			■	
6	PRUEBA Y CORRECCIÓN DE FALLAS																			■	

**Tabla 3.22: Programa de actividades para la nueva iluminación con tecnología LED.**

### 3.7.2.1. SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE LÁMPARAS

En la (Tabla 3.23) se muestra el suministro y colocación de lámparas que se llevará a cabo de un día, el cual tendrá un costo de mano de obra de \$ 1,176.17.

Se observa en la siguiente (Tabla 3.24) que el costo de estas lámparas fluorescentes es mucho menor que el de las lámparas LED, sin embargo en las fluorescentes se emplea el uso de balastos electrónicos.

<b>SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE LÁMPARAS</b>							
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS							
CONCEPTO		UNIDAD	PERSONAL	DIAS	SALARIO	IMPORTE	
1.-MANO DE OBRA				LABORADOS	DIARIO		
	a) SUPERVISOR	JOR.	1	1	\$ 400.00	\$ 400.00	
	b) TECNICO ELECTRICISTA	JOR.	1	1	\$ 320.00	\$ 320.00	
	c) CABO	JOR.	1	1	\$ 200.00	\$ 200.00	
	COSTO DIRECTO				SUMA	\$ 920.00	
	COSTO INDIRECTO		16.5477%		SUMA	\$ 152.23	
					SUMA	\$ 1,072.23	
	FINANCIAMIENTO		1.2504%			\$ 13.40	
					SUMA	\$ 1,085.63	
	UTILIDAD		8.34%			\$ 90.54	
	TOTAL						\$ 1,176.17

**Tabla 3.23: Análisis de precios unitarios de mano de obra para la actividad de suministro y colocación de lámparas.**

<b>SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE LÁMPARAS</b>						
2.-MATERIALES		U.M.	CANTIDAD	COSTO	IMPORTE	
	a) LAMPARA FLUORESCENTE T8 36 Watts	PZA	24	\$ 80.00	\$ 1,920.00	
	b) BALASTRO ELECTRONICO PARA CONEXIÓN DE 4 LAMPARAS 36 W	PZA	6	200	\$ 1,200.00	
	COSTO DIRECTO			SUMA	\$ 3,120.00	
	COSTO INDIRECTO		16.5477%		SUMA	\$2,581.4400
				SUMA	\$ 5,701.44	
	FINANCIAMIENTO		1.2504%			\$ 227.34
				SUMA	\$ 5,928.78	
	UTILIDAD		8.34%			\$ 1,535.29
SUMA DE MANO DE OBRA Y MATERIALES		SUBTOTAL MATERIALES			\$ 7,464.07	
		SUBTOTAL MANO DE OBRA			\$ 1,176.17	
		TOTAL			\$ 8,640.24	

**Tabla 3.24: Análisis de precios unitarios de materiales para la actividad de suministro y colocación de lámparas.**

En la (Tabla 3.25) se observa el costo de material como de mano de obra para el suministro y colocación de lámparas, siendo de \$9,816.41.

<b>SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE LAMPARAS</b>			
ACTIVIDAD			IMPORTE
SUBTOTAL DE MATERIALES			\$ 8,640.24
SUBTOTAL DE MANO DE OBRA			\$ 1,176.17
COSTO TOTAL			\$ 9,816.41

**Tabla 3.25: Costo total de la actividad suministro y colocación de lámparas**

### 3.7.2.2. PRESUPUESTO FINAL

En esta parte del trabajo se realizara el costo total de cada una de las actividades para la conclusión de esta instalación.

La (Tabla 3.26) nos indica que la nueva instalación eléctrica tendrá un costo total de \$39,755.63.

<b>COSTO TOTAL DE LAS ACTIVIDADES PARA LA ILUMINACIÓN CON TECNOLOGIA FLUORESCENTE</b>		
No	ACTIVIDAD	COSTO
1	DESMONTE DE GABINETES Y LAMPARAS	\$ 2,352.36
2	TENDIDO DE CABLES	\$ 8,480.77
3	INSTALACIÓN DE TRANSFORMADORES (127-220)Volts	\$ 3,603.97
4	INSTALACIÓN DE GABINETES	\$ 14,325.95
5	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE LÁMPARAS	\$ 9,816.41
6	PRUEBA Y CORRECCIÓN DE FALLAS	\$ 1,176.17
TOTAL		\$ 39,755.63

**Tabla 3.26: Costo total del proyecto con tecnología fluorescente.**

Pero la tecnología LED a cambio de la fluorescente es una fuente de iluminación que cada vez está adquiriendo mayor importancia, incluso en el campo de iluminación en los quirófanos. Los motivos son obvios: la luz sin infrarrojos y, por lo consiguiente, la luz fría proporciona unas condiciones de trabajo idóneas para el cirujano y reduce al mínimo la posibilidad de que el tejido se reseque. Además, su vida útil prácticamente ilimitada, ofrece una eficiencia energética mucho mayor que las lámparas fluorescentes, así como también disminuye los costos de mantenimiento garantizando un trabajo fiable.

La gran ventaja de las luminarias fluorescentes frente a otro tipo de lámparas, como las incandescentes es su eficiencia energética, alcanza a los 104 lm/W, pero los LED's de luz blanca con una eficiencia luminosa de 150 lm/W, utilizando para ello una corriente de polarización directa de 20 mA, es aproximadamente 1.7 veces superior a la de la lámpara fluorescente con prestaciones de color altas (90lm/W) y aproximadamente 11.5 veces de la de una lámpara incandescente (13lm/W). Su eficiencia es incluso mas alta que la de una lámpara de vapor de sodio de alta presión (132lm/W), que esta considerada como una de las fuentes de luz mas eficientes.

La iluminación con LED's presenta indudables ventajas: fiabilidad, mayor eficiencia energética, mayor resistencia a las vibraciones, mejor visión ante diversas circunstancias de iluminación, menor disipación de energía, menor riesgo para el medio ambiente, capacidad para operar de forma intermitente de modo continuo, respuesta rápida, etc.

Asimismo, con LED's se pueden producir luces de diferentes colores con un rendimiento luminoso elevado, a diferencia de muchas de las lámparas utilizadas hasta ahora, que tienen filtros para lograr un efecto similar (lo que supone una reducción de su eficiencia energética). Todo ello pone de manifiesto las numerosas ventajas que los LED's ofrecen.

Después de haber realizado este estudio de iluminación con la tecnología LED concluyo que los LED´s han estado evolucionando de tal forma que los costos en su producción están bajando cada vez mas día con día, por lo que esta es una opción viable para la sustitución de la iluminación tradicional por iluminación con tecnología LED siendo una solución para el ahorro de energía eléctrica y así mismo con la adquisición de la tecnología LED se puede obtener un financiamiento por el FIDE (Fideicomiso para el ahorro de la energía eléctrica).

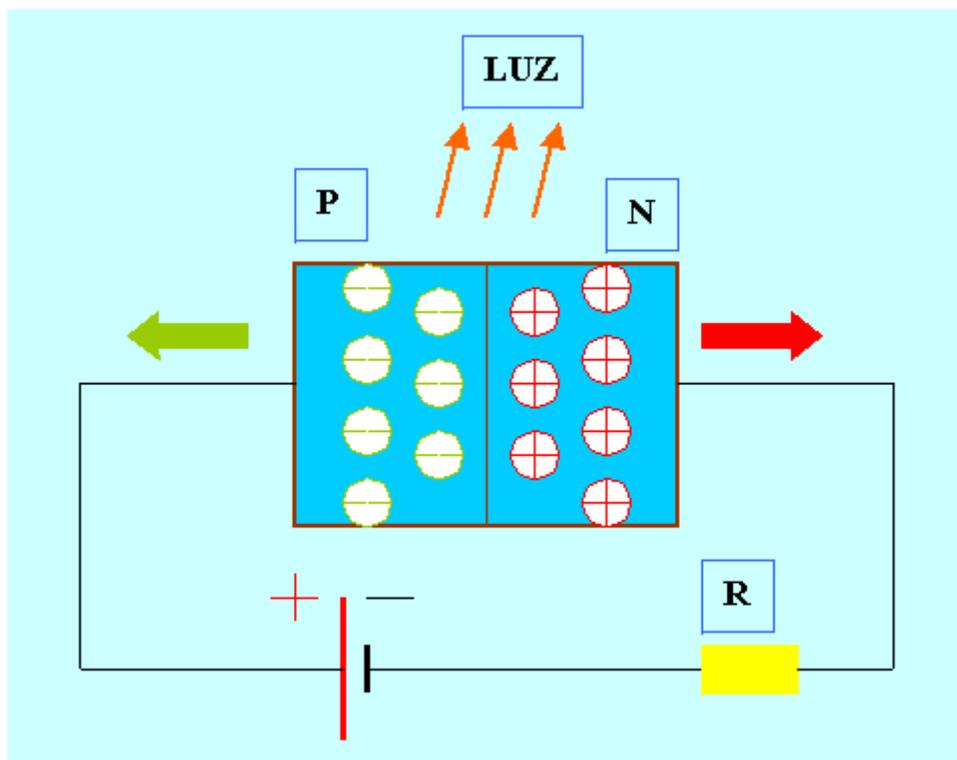
Por otra parte es importante destacar, como los sistemas de iluminación diseñados en este trabajo traerán consigo efectos positivos ,ya que garantiza las optimas condiciones en el desarrollo de las tareas medicas correspondientes y contribuyendo a una atmosfera en la que el paciente se sienta confortable, de manera que junto con otros elementos pueda favorecer significativamente el proceso de recuperación del enfermo.

Teniendo presente en todo momento la eficiencia energética posible ya sea para quirófanos hospitalarios, industrias y residencias.

En el estudio económico realizado observamos que la tecnología LED es mucho más cara que la tecnología fluorescente, sin embargo hay que tomar en cuenta que solo sería una inversión, ya que el tiempo de vida de los LED´s es de 50,000 hrs y las de las fluorescentes es tan solo de 5,000 a 15,000 hrs, lo que implica sustituirlas en varias ocasiones por otras nuevas.

## PRINCIPIOS BÁSICOS DE OPERACIÓN DE UN LED

El LED es un diodo semiconductor que emite luz incoherente de espectro reducido cuando se polariza de forma directa la unión del dopaje PN del mismo y circula por él una corriente eléctrica (Figura 1), su color (longitud de onda), depende del material semiconductor empleado en la construcción del diodo y puede variar desde el ultravioleta, pasando por el visible hasta el infrarrojo.



**Figura 1: Diodo emisor de luz con la unión polarizada en sentido directo.**

El silicio en una forma pura es básicamente un aislante. Se puede hacer conductor al mezclarlo con pequeñas cantidades de otros elementos, a este proceso se lo denomina “dopaje”. Hay dos tipos de dopaje:

- Dopaje N: En este caso el silicio se dopa con fósforo o arsénico en pequeñas cantidades. El fósforo y el arsénico tienen 5 electrones en su órbita externa que

terminan sobrando cuando se combina en una red de átomos de silicio. Este quinto electrón se encuentra libre para moverse, lo que permite que una corriente eléctrica fluya a través del silicio<sup>1</sup>.

Se necesita solo una pequeña cantidad de dopaje o impurezas para lograr esta corriente, por ejemplo al agregar un átomo de impurezas por cada  $10^8$  (1,000 millones) átomos de silicio se incrementa la conductividad en un factor de 10. Los electrones tienen una carga negativa, por eso se llama dopaje tipo N.

- Dopaje P: En este caso el silicio se dopa con boro o galio en pequeñas cantidades. Estos tienen 3 electrones en su órbita externa por lo que termina faltando un electrón cuando se combina en una red de átomos de silicio. Este electrón faltante ocasiona que se formen huecos en la red. Estos huecos permiten que se circule una corriente a través del silicio ya que ellos aceptan ser “tapados” sin alguna restricción por un electrón de un átomo vecino; provocando que se forme un hueco en el átomo que desprendió dicho electrón, este proceso se repite por lo que se forma una corriente de huecos a través de la red.

Es de notar que en todos los caso lo único que se mueve fuera del átomo son los electrones, pero en este caso dicho movimiento provoca un efecto similar o equivalente al movimiento de los huecos que contienen una carga positiva, por eso se llama dopaje tipo P.

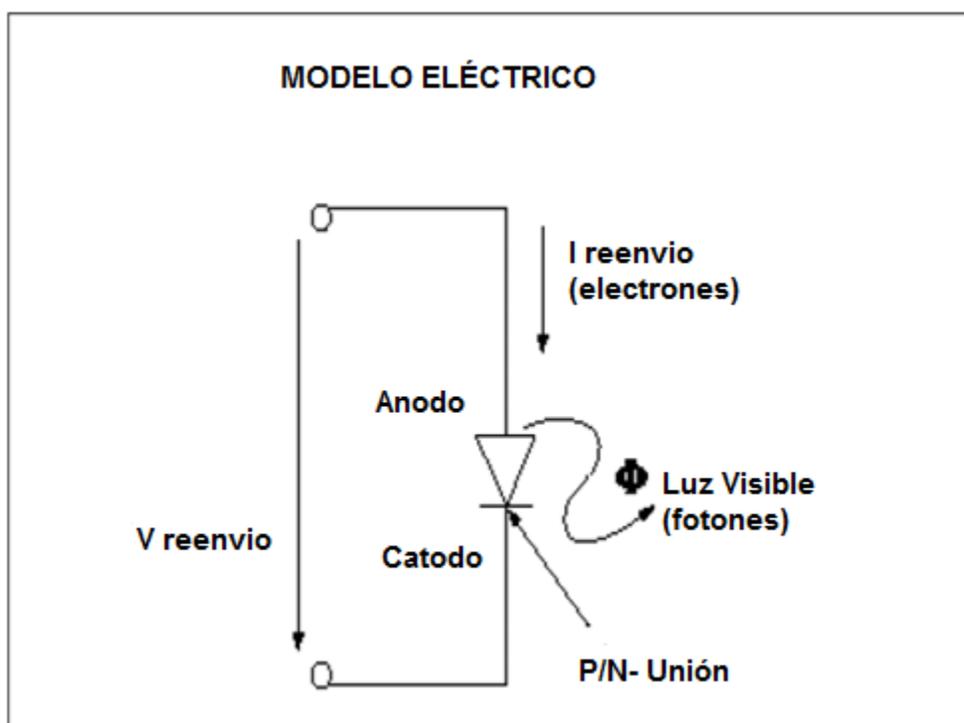
Un diodo comprende una capa de material tipo N adherido a una capa de material tipo P, con conexiones eléctricas a cada lado. Este arreglo conduce electricidad en una sola dirección. Cuando no se aplica voltaje, los electrones desde el material de tipo N llena huecos del material de tipo P a lo largo de la unión entre las capas formando una zona de reducción.

---

<sup>1</sup> Ibid dem (pag.60)

En la zona de reducción, el material semiconductor se regresa a su estado aislado; todos los huecos son llenados, así no hay electrones libres o espacios vacíos para los electrones y la carga no circulará. Pero si se aplica un voltaje a través del cruce PN, con el material tipo N conectado a la parte negativa del circuito y el material tipo P a el lado positivo. En caso de que exista diferencia de voltaje alto que atraviesa la unión, los electrones en la zona de reducción abandonan sus huecos y comienzan a moverse libremente de nuevo. La zona de reducción desaparece, fluye corriente y la interacción entre electrones y huecos generan luz.

Esto sucede porque los electrones libres (movimiento a través de la unión PN) caen dentro de los huecos vacíos del material tipo P generan energía (Figura 2).



**Figura 2: Cuando el voltaje externo ( $V_{reenvío}$ ) aplicado a través de la unión PN de un LED es elevado, la corriente ( $I_{reenvío}$ ) fluye y la luz visible es producida (fotones).**

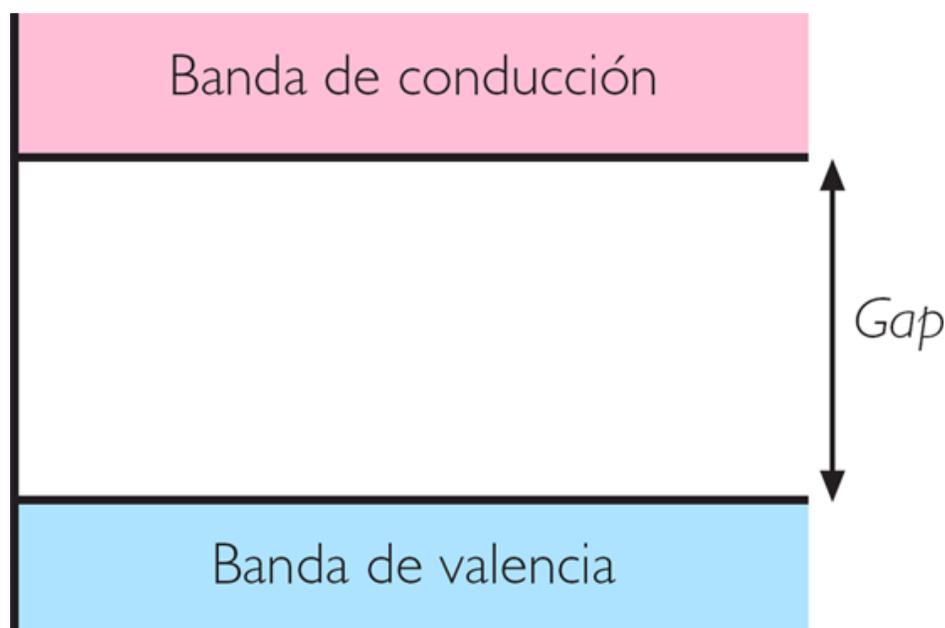
La energía contenida en un fotón de luz es proporcional a su frecuencia (su color).

Cuanto mayor sea el salto de banda de energía del material semiconductor que forma el LED, más elevada será la frecuencia de la luz emitida.

El fenómeno de emisión de luz se basa en la teoría de bandas, por la cual, una tensión externa aplicada a una unión PN polarizada directamente, excita los electrones, de manera que son capaces de atravesar la banda de energía que separa las dos regiones (banda de valencia o banda de conducción).

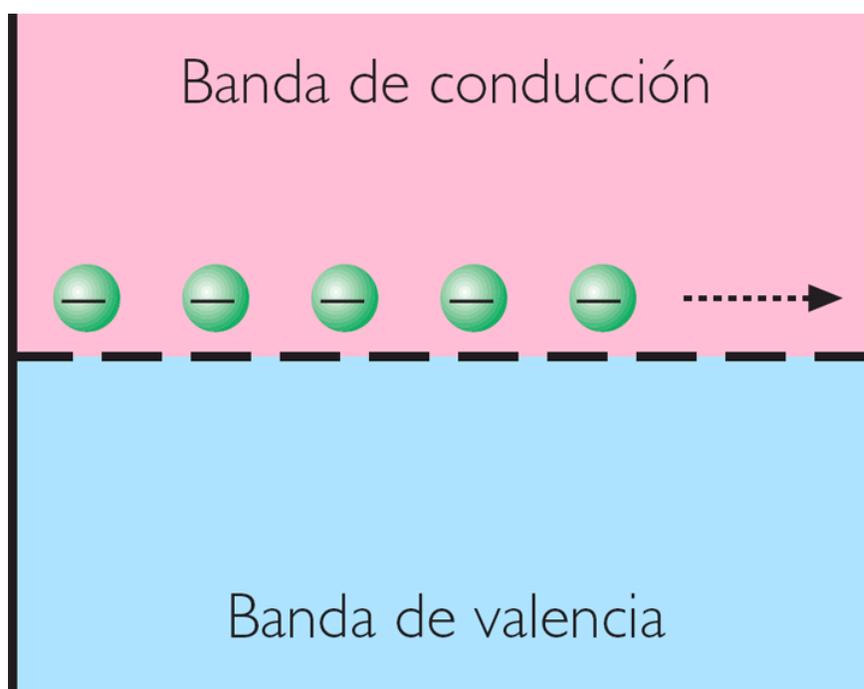
### TEORIA DE BANDAS

En un átomo aislado los electrones pueden ocupar determinados niveles energéticos pero cuando los átomos se unen para formar una red cristalina, las interacciones entre ellos modifican su energía, de tal manera que cada nivel inicial se desdobra en numerosos niveles, que constituyen una banda, existiendo entre ellas huecos, llamados bandas energéticas prohibidas o Gaps( zona que se encuentra entre la banda de valencia y la de conducción, que separa ambas bandas en la cual no pueden encontrarse los electrones).



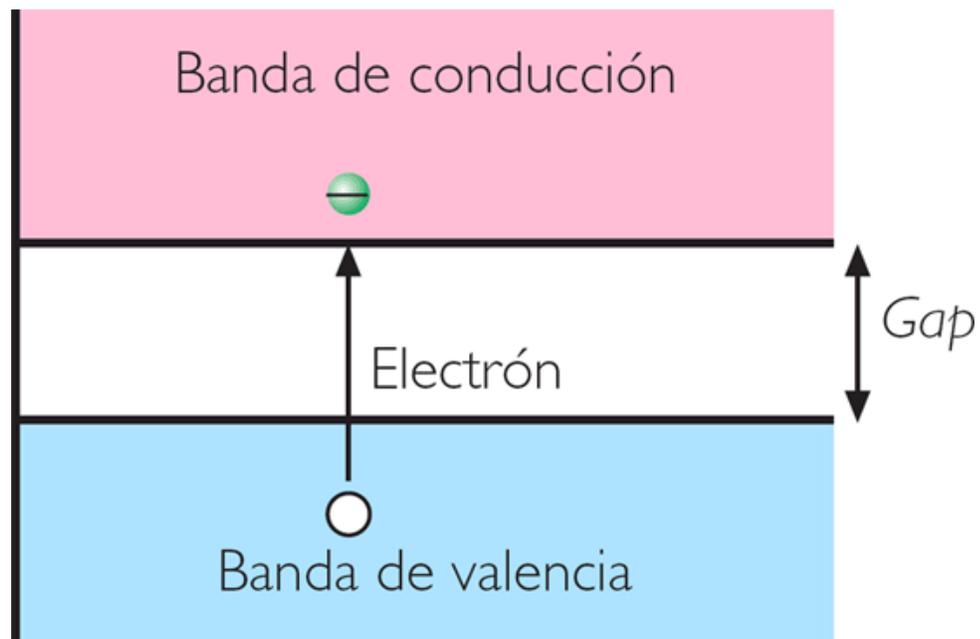
**Figura 3: la banda de conducción se encuentra vacía, no hay electrones libres, de modo que no pueden conducir la corriente eléctrica.**

En los aislantes la banda inferior menos energizada (banda de valencia) está completa con los electrones ( $e^-$ ) más internos de los átomos, pero la superior (banda de conducción) está vacía y separada por una banda prohibida muy ancha, imposible de atravesar por un electrón (Figura 3). En el caso de los conductores las bandas de conducción y de valencia se encuentran superpuestas, por lo que cualquier aporte de energía es suficiente para producir un desplazamiento de los electrones (Figura 4).



**Figura 4: las bandas se encuentran muy próximas y la banda de conducción está ocupada por electrones libres, de modo que pueden conducir la corriente eléctrica.**

Entre ambos casos se encuentran los semiconductores, cuya estructura de bandas es muy semejante a los aislantes, pero con la diferencia de que la anchura de la banda prohibida es bastante pequeña. Los semiconductores son, por lo tanto, aislantes en condiciones normales, pero una elevación de temperatura proporciona la suficiente energía a los electrones para que, saltando la banda prohibida, pasen a la de conducción, dejando en la banda de valencia el hueco correspondiente (Figura 5). En el caso de los diodos LED los electrones consiguen saltar fuera de la estructura en forma de radiación que percibimos como luz (fotones).



**Figura 5:** Los electrones de la banda de valencia se trasladan a la de conducción, lo que quiere decir que se desligan de sus átomos y se hacen libres.

### **DIMENSIONES DEL DIODO**

Actualmente los LED's tienen diferentes tamaños, formas y colores; tenemos redondos, cuadrados, rectangulares, triangulares y con diversas formas.

Las dimensiones de los LED's redondos son de diámetro diferente 3 mm, 5 mm, 10 mm y el conocido como LED gigante de 20 mm. Los de formas poliédricas suelen tener dimensiones aproximadas de 5x5 mm (Figura 6).



**Figura 6:** Ejemplos de tipo de LED,s.

## **COLOR DEL LED**

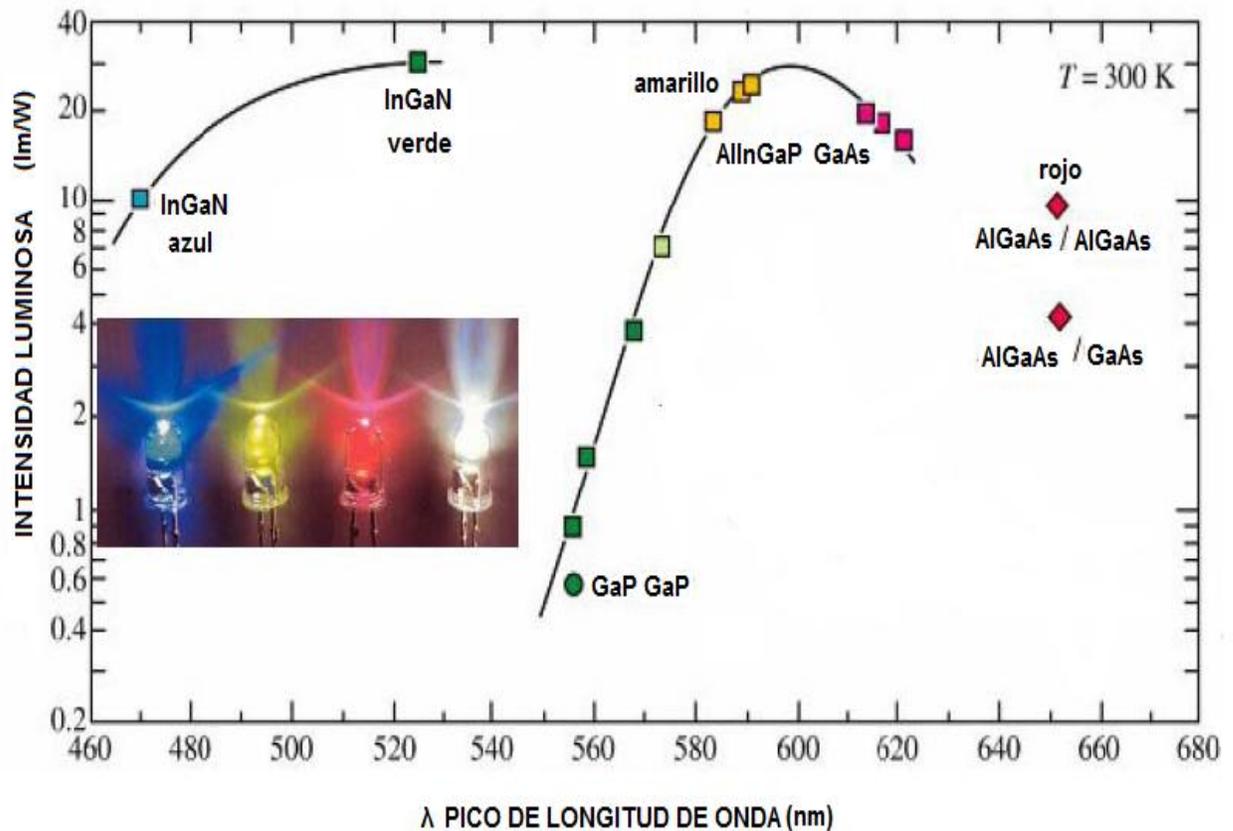
El color es determinado por la longitud de onda dominante del dispositivo, cuando los electrones retornan a su banda de energía normal, se emiten fotones (cantidades específicas de energía luminosa). La longitud de onda de la luz emitida (documentada por primera vez por Scott Miles de la Universidad de Minnesota en 1973), y por consiguiente su color, depende de la composición del material semiconductor utilizado, y puede ser cercano a ultravioleta, visible o infrarrojo.

## **LONGITUD DE ONDA**

Es el período espacial de la misma, es decir, la distancia a la que se repite la forma de la onda. Normalmente se consideran dos puntos consecutivos que poseen la misma fase: dos máximos, dos mínimos, dos cruces por cero (en el mismo sentido). Por ejemplo, la distancia recorrida por la luz azul (que viaja a 299.792.458 m/s) durante el tiempo transcurrido entre dos máximos consecutivos de su campo eléctrico (o magnético) es la longitud de onda de esa luz azul. La luz roja viaja a la misma velocidad, pero su campo eléctrico aumenta y disminuye más lentamente que el de la luz azul. Por lo tanto, la longitud de onda de la luz roja es mayor que la longitud de onda de la luz azul.

Las ondas de radiación electromagnética que forman la luz visible tienen longitudes de onda entre 400 nanómetros (luz azul) y 600 nanómetros (luz roja).

En el Sistema Internacional, la unidad de medida de la longitud de onda es el metro, como la de cualquier otra longitud. Según los órdenes de magnitud de las longitudes de onda con que se esté trabajando, la letra griega  $\lambda$  (lambda) se utiliza para representar la longitud de onda en ecuaciones, estas suelen recurrir a submúltiplos como el milímetro (mm), el micrómetro ( $\mu\text{m}$ ) y el nanómetro (nm)



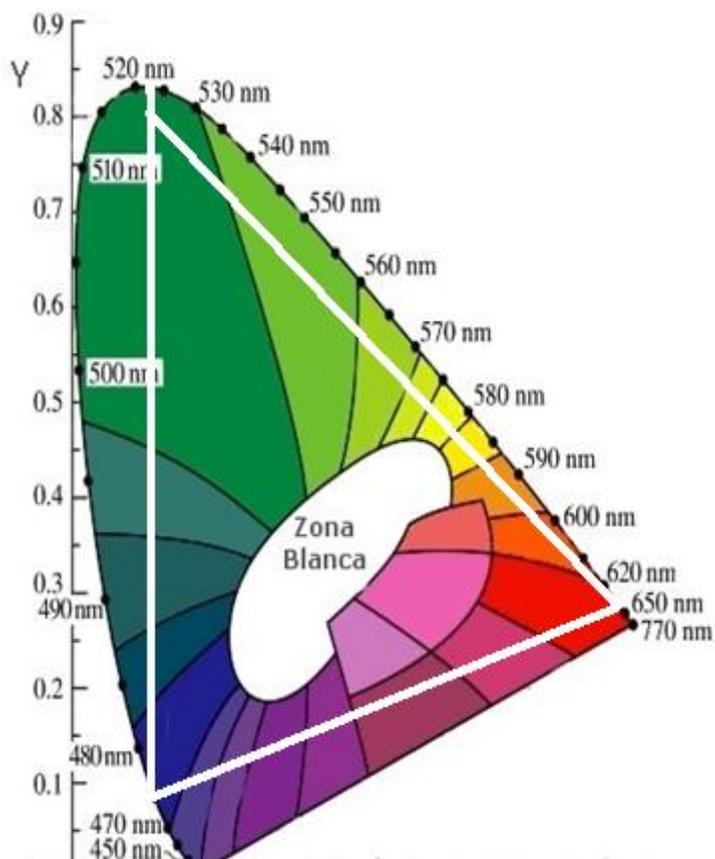
**Figura 7:** El flujo luminoso se obtiene ponderando la potencia para cada longitud de onda con la función de luminosidad, que representa la sensibilidad del ojo en función de la longitud de onda. El flujo luminoso es, por tanto, la suma ponderada de la potencia en todas las longitudes de onda del espectro visible.

Variando el dopaje se modifican los saltos en las bandas de energía, y en consecuencia, los colores de las emisiones de luz son diferentes. Actualmente se emplean dos clases de materiales en la mayoría de los LED's de alta intensidad:

- 1.- AlInGaP : El rojo, naranja y amarillo se generan con un dopaje de cuatro elementos: aluminio, indio, galio y fósforo (AlInGaP).
- 2.- InGaN: El azul, verde y blanco se producen con un dopaje de Indio y nitruro de Galio (InGaN). Desarrollados por Nichia Chemical y la Universidad de Nagoya (Japón)

perfeccionaron el proceso de crecimiento de esta mezcla sobre un sustrato de zafiro, completando la totalidad de la gama de colores de los LED's.

Otros colores también son posibles de conseguir como por ejemplo el púrpura, violeta o ultravioleta. Este último es muy importante para la creación de una forma más eficiente de producir luz blanca que la mera combinación de los colores primarios (rojo, verde y azul) (Figura), ya que añadiendo fósforo blanco dentro del encapsulado, este absorbe la radiación ultravioleta y emite frecuencia dentro de todo el espectro visible, logrando luz blanca en un proceso similar al que se produce en el interior de los tubos fluorescentes. A veces el fósforo posee una leve tonalidad amarillenta para



**Figura 8:** El diagrama ilustra la principal combinación de color. El área triangular muestra las posibles coordenadas cromáticas que pueden resultar a la combinación conjunta de los LED's rojos, verdes y azules.

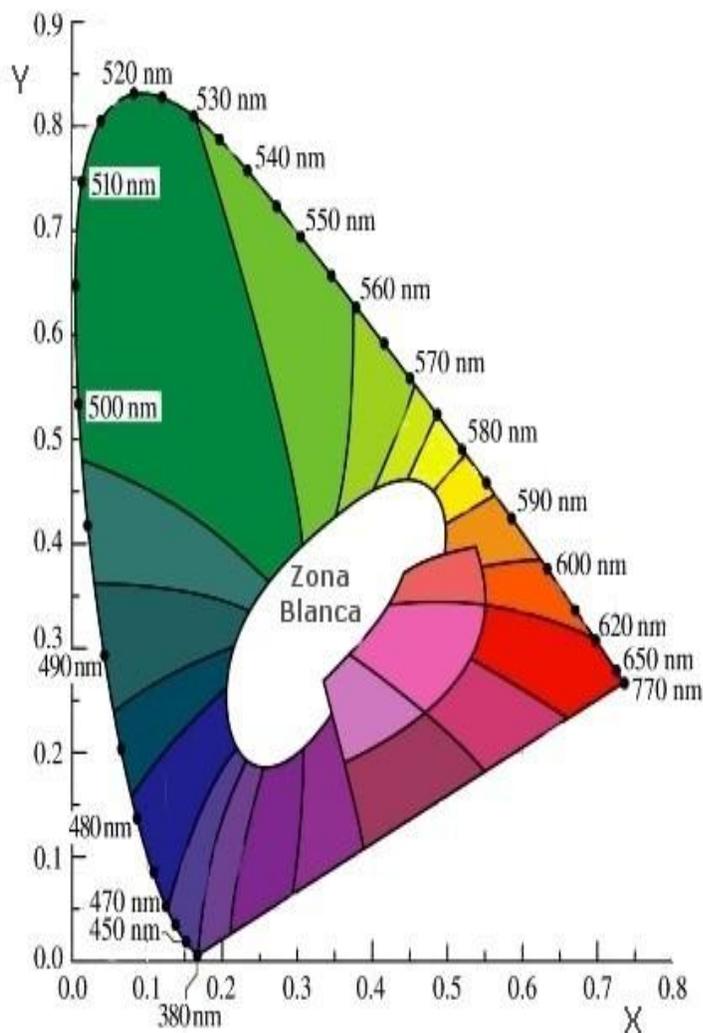
contrarrestar el tono azulado de la luz del semiconductor.

Luego de tantos materiales y frecuencias de ondas sería bueno resumir todo esto en una forma más clara, es por ello en la tabla 1 se detallan los distintos frecuencias de emisión típica de los LED's comercialmente disponibles y sus materiales correspondientes (Tabla 1).

	LONGITUD DE ONDA (NM)	NOMBRE DEL COLOR	FWD TENSIÓN (VF @ 20MA)	INTENSIDAD LEDS DE 5 MM	VIENDO ÁNGULO	LED MATERIAL DEL TINTE
	940	Infrarrojos	1.5	16 MW @ 50mA	15 °	GaAIAs / GaAs - arseniuro de galio de aluminio / arseniuro de galio
	880	Infrarrojos	1.7	18mW @ 50mA	15 °	GaAIAs / GaAs - arseniuro de galio de aluminio / arseniuro de galio
	850	Infrarrojos	1.7	26 MW @ 50mA	15 °	GaAIAs / GaAs - arseniuro de galio de aluminio / de aluminio del arseniuro de galio
	660	Ultra Red	1.8	2000mcd @ 50mA	15 °	GaAIAs / GaAs - arseniuro de galio de aluminio / de aluminio del arseniuro de galio
	635	Alta Ef. Roja	2.0	200mcd @ 20mA	15 °	GaAsP / Gap - fosfuro de galio arsénico, fosfuro de galio
	633	Súper Rojo	2.2	3500mcd @ 20mA	15 °	InGaAIP - galio indio fosfuro de aluminio
	620	Súper Naranja	2.2	4500mcd @ 20mA	15 °	InGaAIP - galio indio fosfuro de aluminio
	612	Súper Naranja	2.2	6500mcd @ 20mA	15 °	InGaAIP - galio indio fosfuro de aluminio
	605	Naranja	2.1	160mcd @ 20mA	15 °	GaAsP / Gap - fosfuro de galio arsénico, fosfuro de galio
	595	Súper Amarillo	2.2	5500mcd @ 20mA	15 °	InGaAIP - galio indio fosfuro de aluminio
	592	Súper puro Amarillo	2.1	7000mcd @ 20mA	15 °	InGaAIP - galio indio fosfuro de aluminio
	585	Amarillo	2.1	100mcd @ 20mA	15 °	GaAsP / Gap - fosfuro de galio arsénico, fosfuro de galio
	4500K	"Inca- descenso " Blanca	3.6	2000mcd @ 20mA	20 °	SiC / GaN - Carburo de Silicio / nitruro de galio
	6500K	Pálido Blanca	3.6	4000mcd @ 20mA	20 °	SiC / GaN - Carburo de Silicio / nitruro de galio
	8000K	Blanco frío	3.6	6000mcd @ 20mA	20 °	SiC / GaN - Carburo de Silicio / nitruro de galio
	574	Súper Cal amarilla	2.4	1000mcd @ 20mA	15 °	InGaAIP - galio indio fosfuro de aluminio
	570	Súper Verde lima	2.0	1000mcd @ 20mA	15 °	InGaAIP - galio indio fosfuro de aluminio
	565	Alto Eficiencia Verde	2.1	200mcd @ 20mA	15 °	Gap / Gap - fosfuro de galio / fosfuro de galio
	560	Súper Puro Verde	2.1	350mcd @ 20mA	15 °	InGaAIP - galio indio fosfuro de aluminio
	555	Puro Verde	2.1	80mcd @ 20mA	15 °	Gap / Gap - fosfuro de galio / fosfuro de galio
	525	Aqua Verde	3.5	10.000 mcd	15 °	SiC / GaN - Carburo de Silicio / nitruro de galio

				@ 20mA		
	505	Azul Verde	3.5	2000mcd @ 20mA	45 °	SiC / GaN - Carburo de Silicio / nitruro de galio
	470	Súper Blue	3.6	3000mcd @ 20mA	15 °	SiC / GaN - Carburo de Silicio / nitruro de galio
	430	Ultra Azul	3.8	100mcd @ 20mA	15 °	SiC / GaN - Carburo de Silicio / nitruro de galio

**Tabla 1: Fuente: [http://www.oksolar.com/led/led\\_color\\_chart.html](http://www.oksolar.com/led/led_color_chart.html)  
Materiales y frecuencias de emisión típicas de un LED.**



**Figura 9: Diagrama de Cromaticidad**

Para tener una idea aproximada de la relación entre la frecuencia expresada en nanómetros y su correspondencia con un color determinado es que a continuación se presenta un grafico simplificado del triangulo de Maxwell o Diagrama de Cromaticidad CIE (Figura 9). Cada color se puede expresar por sus coordenadas X e Y. Los colores puros o saturados se encuentran en el exterior del triangulo y a medida que nos acercamos a su centro el color tiende al blanco.

El centro de la zona blanca es el blanco puro y suele expresarse por medio de la temperatura de color, en grados Kelvin, de un cuerpo negro.

Simplificando podemos decir que un cuerpo negro al calentarse empieza a emitir ondas infrarrojas, al subir la temperatura empieza a tomar un color rojizo, esto es en los 770 nm, al seguir elevándose la temperatura, el color se torna anaranjado, amarillento y finalmente blanco, describiendo una parábola desde el extremo inferior derecho hacia el centro del triángulo. Por lo tanto cada color por donde pasa dicha parábola puede ser representado por una temperatura equivalente. El centro del triángulo (blanco puro) se corresponde con una temperatura de 6500 K. El tono de los LED's blanco viene expresado precisamente en grados kelvin. Una temperatura superior significa un color de emisión blanco – azulado.

### **LEDS SMD**

Es un Diodo Emisor de Luz de Montaje de Superficie, sus siglas provienen del inglés "Light-Emitting Diode Surface Mount Device". Un dispositivo semiconductor que emite luz cuando es atravesado por una corriente eléctrica generalmente pequeña. Su color (longitud de onda) depende del material empleado en su fabricación y de los aditivos luminiscentes. Comúnmente él LED SMD está encapsulado en resina semirígida y provee la más alta relación de luz vs consumo eléctrico <sup>2</sup> (Figura 10).



**Figura 10: Ejemplo de un LED SMD blanco.**

---

<sup>2</sup> [http://www.assic.com.mx/definicion\\_leds.html](http://www.assic.com.mx/definicion_leds.html)

La luz que genera un LED SMD se construye desde un material semiconductor, usualmente nitruro de galio e indio (InGaN) o fosforo de galio (GaP). El semiconductor InGaN emite luz en las partes azul y verde del espectro, y un semiconductor GaP emite luz en la zona roja del espectro.

Para producir luz blanca utiliza un LED excitador InGaN con un fósforo luminiscente blanco-Amarillo que da como resultado luz blanca de alta calidad que puede variar, desde el blanco cálido hasta el blanco Frio, pasando por toda la gama de blancos de acuerdo a las necesidades de iluminación.

Estos nuevos LED's SMD de alta intensidad no emiten ultravioletas, ni tampoco infrarrojos y no calientan la superficie a la que iluminan, pero la mejor ventaja es su reducido consumo y su alta eficiencia. Una bombilla emplea sólo un 10% de cada vatio para iluminar, mientras que el resto es calor, pero en los LEDS, es totalmente lo contrario, un 90% de iluminación y un 10% de calor.

El rendimiento de Color (CRI) es de hasta el 80%, permitiendo que la luz de un LED blanco SMD de alta intensidad retribuya los colores originales del objeto iluminado con un 80% de fidelidad, un comportamiento mucho mejor que muchas lámparas fluorescentes o de vapor de metales con CRI<60%.

La luz del LED es direccional, y no tiene pérdidas por la reflexión, lo que supone perder un 60% de efectividad, mientras que el LED no precisa estos sistemas y la luz puede ser dirigida a la zona que queremos iluminar con una eficiencia del 90%.

Todos son de rango extendido de temperatura de (-40°C hasta 50°C), con un haz de luz de 120° (Figuras 11,12 y 13).

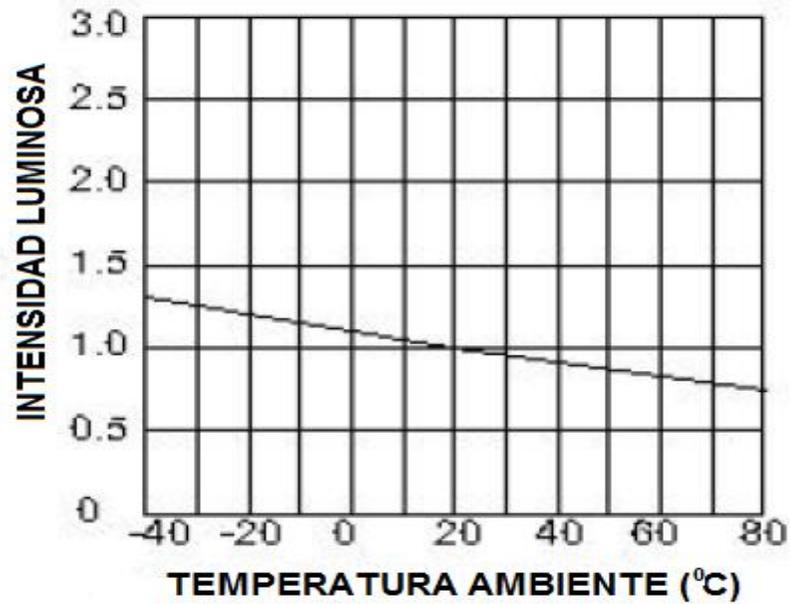


Figura 11: Grafica de relación entre la intensidad luminosa y la temperatura ambiente.

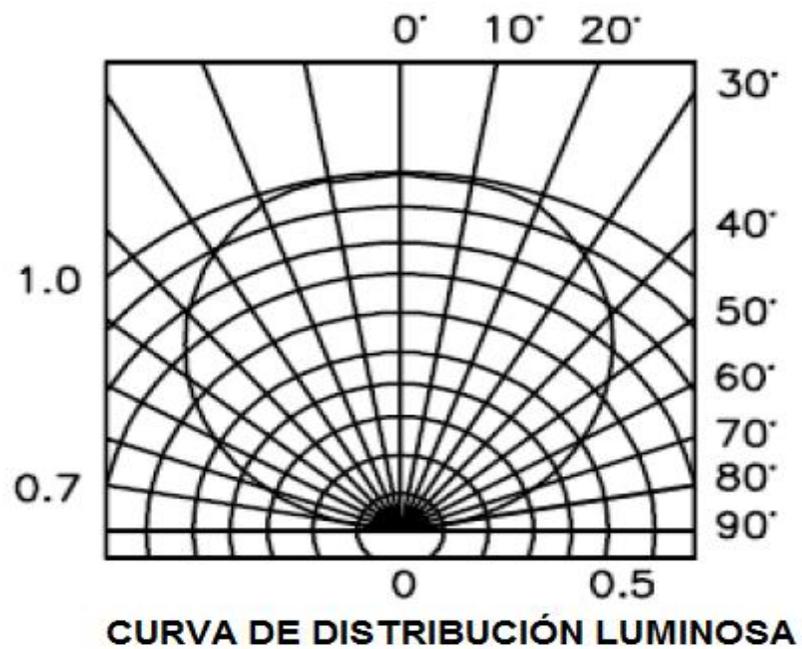


Figura 12: Curva de distribución luminosa del LED SMD.

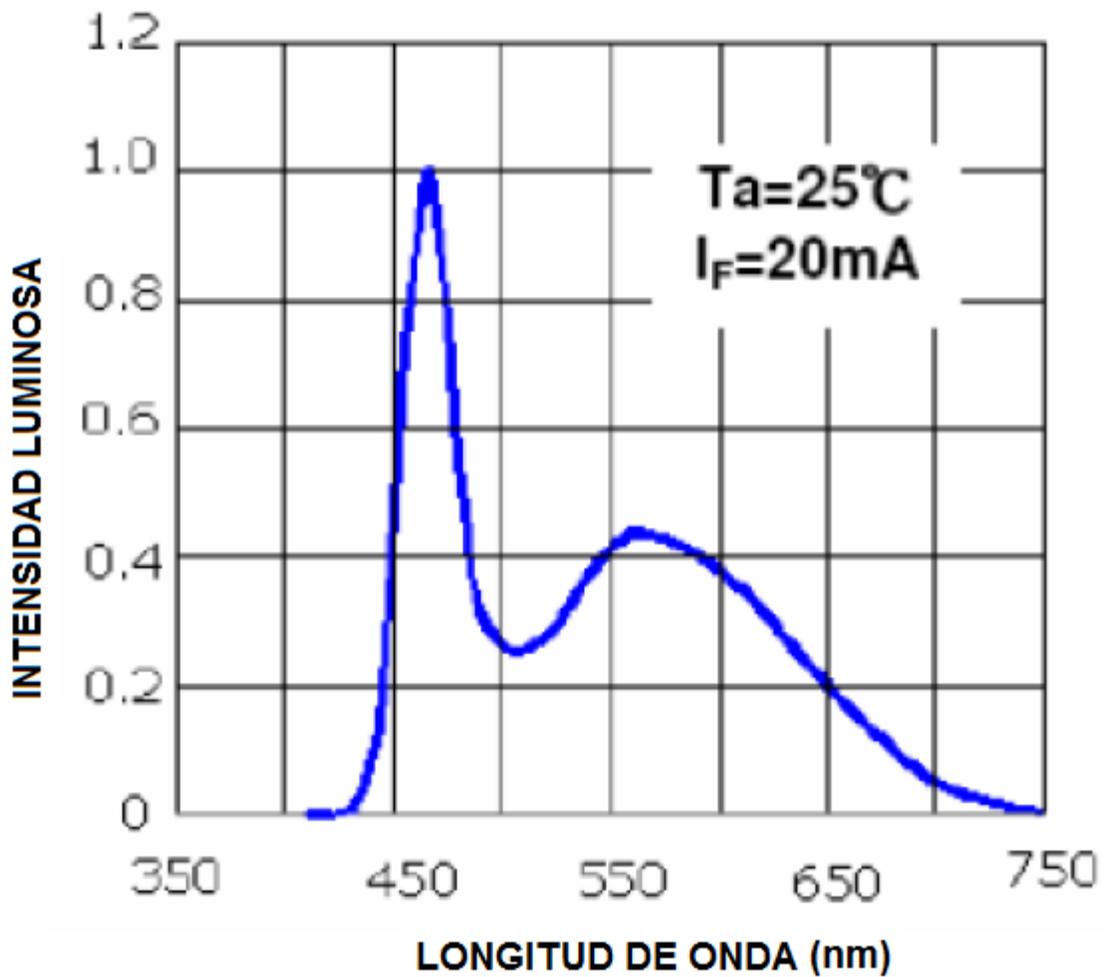


Figura 13: Grafica de relación de intensidad luminosa y longitud de onda del LED SMD.<sup>3</sup>

<sup>3</sup> <http://www.tienda.assic.com.mx/admin/catalogo.pdf>

1. Enríquez Harper, Gilberto “Manual de instalaciones eléctricas residenciales e industrias”, Limusa, México, 2005.
2. Westinghouse Electric Corporation “Manual del alumbrado”, Dossat, Madrid, 1989.
3. Enríquez Harper, Gilberto “Manual práctico del alumbrado”, Limusa, México, 2005.
4. Sorribas Vivas Marta “Organización de archivos clínicos”, Masson, España, 2001.
5. Perry, H. John “Manual de Ingeniería”, Labor, S.A, Madrid, 1966.
6. Zemanski, Mark W., Sears, Francis W. “Física General”, Editorial Aguilar, México, 1966.
7. Wilson, Jerry D., Buffa, Anthony J. “Física”, Pearson Educación, México, 2003.
8. Dr. Ramírez V.,” Enciclopedia CEAC de Electricidad”. Editorial CEAC, S.A. México, 1972.

9. Beatriz M. O' Donell, "Luminarias para la iluminación de interiores", España, 2005.
10. Antoni García Pascual, Xavier Alabern Morera, "Instalaciones Eléctricas", Editorial UOC, Barcelona, 2005.
11. Enríquez Harper, Gilberto, "El ABC de las instalaciones eléctricas industriales", Limusa, México, 2005.
12. Wartella Melvin, "Ego, evolución e iluminación", Sirio, España, 2005.
13. Philips, "Manual del alumbrado Philips", Editorial Torroba, Madrid, 1977.
14. Comité español de iluminación, "Aplicaciones eficientes de luminarias", Cuadernos de eficiencia energética en iluminación, Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía (IDEA), España, 1996.
15. Sociedad Mexicana de Ingeniería e Iluminación, Asociación Civil "Principios de Iluminación y Niveles de Iluminación en México", Revista Ingeniería de Iluminación, México, mayo-junio 1967.

16. IES, "The IESNA lighting handbook", 9<sup>th</sup> Edition, Illuminating Engineering Society, North America, 2000.
17. NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-001-SEDE-2005, Instalaciones Eléctricas (utilización).
18. NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-178-SSA1-1998, Que establece los requisitos mínimos de infraestructura y equipamiento de establecimientos para la atención médica de pacientes ambulatorios.
19. NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-197-SSA1-2000, Que establece los requisitos mínimos de infraestructura y equipamiento de hospitales y consultorios de atención médica especializada.
20. NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-025-STPS-2008, Condiciones de iluminación en los centros de trabajo.

1. <http://edison.upc.edu/curs/llum/lamparas/luminar1.html>
2. [http://www.aproi.net/index.php?option=com\\_content&view=article&id=39:clasificacion-de-las-fuentes-luminosas-electricas-&catid=19:sistema-electrico-industrial&Itemid=24](http://www.aproi.net/index.php?option=com_content&view=article&id=39:clasificacion-de-las-fuentes-luminosas-electricas-&catid=19:sistema-electrico-industrial&Itemid=24)
3. <http://www.todopic.com.ar/led.html>
4. <http://edison.upc.edu/curs/llum/interior/iluint2.html>
5. <http://higiene-seguridad.com.ar/Notas/FacReflex.html>
6. [http://www.oksolar.com/led/led\\_color\\_chart.html](http://www.oksolar.com/led/led_color_chart.html)
7. [http://www.assic.com.mx/definicion\\_leds.html](http://www.assic.com.mx/definicion_leds.html)
8. <http://www.tienda.assic.com.mx/admin/catalogo.pdf>
9. <http://www.shoptronica.es/831-temperatura-del-color.html>
10. [http://www.ermec.com/es\\_ES/catalogo-ermec.php](http://www.ermec.com/es_ES/catalogo-ermec.php)