

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN ENERGÍA**



**“OPTIMIZACION DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN EN  
EL ALMACEN DE EQUIPOS ELECTRONICOS DE LA  
EMPRESA FURSY S.A. VILLA EL SALVADOR - LIMA”**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA  
OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO EN  
ENERGÍA

HERBBE OMAR VILCHEZ SANCHEZ

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Herbbe Vilchez Sanchez".

Callao, Junio del 2021

PERÚ

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Pablo Mamani Calla".

MSC. ING. PABLO MAMANI CALLA  
CIP 32638



(Resolución N° 063-2021-C.F. del 14 de abril de 2021)

**LIBRO 001 FOLIO N° 079 ACTA N° 050 DE EXPOSICIÓN DE INFORME DE TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO EN ENERGÍA**

Siendo las 15:10 horas, del día 17 de julio del 2021 en el Aula Virtual (google meet), <https://meet.google.com/ftc-bvra-wuh>, de la Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía de la Universidad Nacional del Callao, se reunieron los miembros del Jurado de Exposición de los Informes Finales de Trabajo de Suficiencia Profesional del II Ciclo Taller para Titulación por Modalidad de Informe de Trabajo de Suficiencia Profesional conformado por los siguientes docentes:

- **PRESIDENTE** : Dr. José Hugo Tezén Campos
- **SECRETARIO** : Ing. Lucio Carlos Lozano Ricci
- **VOCAL** : Mg. Juan Guillermo Mancco Pérez
- **SUPLENTE** : Mg. Esteban Antonio Gutierrez Hervias

Designados por Resolución de Consejo de Facultad N° 066-2021-CF-FIIME de fecha 15.07.2021, a fin de proceder al acto de evaluación del Informe titulado "**OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN EN EL ALMACEN DE EQUIPOS ELECTRONICOS DE LA EMPRESA FURSY S.A. VILLA EL SALVADOR-LIMA**", presentado por el Señor Bachiller VILCHEZ SANCHEZ HERBBE OMAR.

Así mismo, contando con la presencia de Dr. AUGUSTO CARO ANCHAY (Supervisor General), Mg. TEODOMIRO SANTOS FLORES (Supervisor de la FIME), y el ING. JOSÉ LUIS HUMBERTO URRUTIA TICONA, Miembro de la Comisión de Grados y Títulos de la Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía (Representante de la Comisión de Grados y Títulos).

A continuación, se dio inicio a la exposición del II Ciclo Taller de Titulación de Informe de Trabajo de Suficiencia Profesional 2021 de acuerdo a lo normado en los numerales del 10.1 al 10.4 del capítulo X de la Directiva para la Titulación Profesional por la modalidad de Informe de Trabajo de Suficiencia Profesional en la Universidad Nacional del Callao, aprobada por Resolución Rectoral N° 754-2013-R del 21 de agosto de 2013, modificada por la Resolución Rectoral N° 777-2013-R de fecha 29 de Agosto de 2013 y la Resolución Rectoral N° 281-2014-R del 14 de Abril de 2014 con la que se modifica el Art. 4.5 del capítulo IV de la organización del Ciclo Taller de Informe de Trabajo de Suficiencia Profesional, así como lo normado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional del Callao, aprobado por Resolución de Consejo Universitario N° 245-2018-CU de fecha 30 de octubre de 2018.

Culminado el acto de sustentación, los señores miembros del Jurado de Sustentación Procedieron a formular las preguntas al indicado bachiller.

Luego de un acuerdo de intermedio, para la deliberación en privado del Jurado respecto a la evaluación del Informe de Trabajo de Suficiencia Profesional, este jurado ACORDÓ: CALIFICAR el Informe de Trabajo de Suficiencia Profesional, expuesto por el señor bachiller VILCHEZ SANCHEZ HERBBE OMAR, para optar el Título Profesional **de Ingeniero en Energía** por la modalidad de Informe de Trabajo de Suficiencia Profesional según la puntuación cuantitativa y cualitativa que a continuación se indica:

| CALIFICACIÓN CUANTITATIVA | CALIFICACIÓN CUALITATIVA |
|---------------------------|--------------------------|
| <b>15</b>                 | <b>BUENO</b>             |

Con lo que se da por concluido el acto, siendo las **15:30hrs** del día **17 de Julio** del **2021**.

En señal de conformidad con lo actuado, firman la presente acta.

Se dio por cerrada la Sesión a las **15:32 horas** del día **17 de julio** del **2021**.

Dr. José Hugo Tezén Campos  
Presidente de Jurado

Ing. Lucio Carlos Lozano Ricci  
Secretario de Jurado

Mg. Juan Guillermo Mancco Pérez  
Vocal

Mg. Esteban Antonio Gutierrez Hervias  
Suplente

## **Dedicatoria**

A mis hermanos y a mis padres, quienes han sido guía para dar un paso más y llegar a este punto de mi carrera que, con su esfuerzo, sacrificio y ejemplo, me enseñaron a no rendirme, aun cuando todo era adverso, los amo.

## **Agradecimiento**

Un agradecimiento especial a mi mamá, siempre estuvo allí para aconsejarme y alentarme en mi carrera y pudiera culminarla con éxito.

A mi papá que cada momento preguntaba cómo me había ido, y me aconsejaba en cada paso importante de mi carrera y trabajo.

A mis hermanos que, de una u otra forma, me apoyaron a llegar a estar a puertas del título profesional anhelado.

A mis amigos, Diego, Frank, José, Lucía y Fernando, que de alguna forma me escucharon y me dieron unas palabras que cambiaron el rumbo de mis objetivos profesionales. ¡Muchas gracias!

## Introducción

Hoy en día el uso eficiente de la energía eléctrica y el ahorro se ha convertido el principal objetivo para las industrias y sociedad, ya que su déficit de esta genera un impacto negativo a su economía y al medio ambiente. El uso eficiente de energía representa importantes beneficios al país, ya que mejoramos la competitividad, al aumentar la eficiencia de los procesos y disminuir costos; por otro lado, la mayor eficiencia del consumo de energía eléctrica permite retrasar el agotamiento de los recursos naturales energéticos, y reducir productos contaminantes que deterioran el medio ambiente. Al día de hoy el sector residencial, comercial y público es responsable de gran parte del consumo de energía eléctrica y sigue creciendo a un ritmo acelerado, para esto es necesario explorar e identificar los factores que influyen en la eficiencia energética para poder reducir costos de facturación eléctrica. En el Perú existen planes de eficiencia energética en instituciones públicas y privadas para el uso adecuado y racional del recurso eléctrico en la iluminación, pero dichos planes recién se están implementando en muchos sectores de Lima Metropolitana, en nuestro caso, el almacén Fursys donde no se ha hecho una evaluación del uso de la energía eléctrica. La mencionada instalación cuenta con un sistema de iluminación convencional con tubos fluorescentes de 36w que requieren un mantenimiento adecuado y cuidadoso siendo una potente toxina para los trabajadores, a su vez, teniendo fallas del arrancador y diferentes problemas que se registraron a lo largo de los años, ampliando el ritmo de mantenimientos para un óptimo desempeño de las luminarias. Así como la iluminación es deficiente tanto económica como energéticamente el almacén ya no cuenta con los niveles de iluminación establecida según la normativa. EM. 010. Instalaciones Eléctricas de Interiores. (Anexo 1) y Norma básica de ergonomía y de procedimiento de evaluación de riesgo disergonómico (Anexo 2).

## Índice

|        |   |    |
|--------|---|----|
| I.     | ASPECTOS GENERALES .....                              | 1  |
| 1.1.   | Objetivos .....                                       | 1  |
| 1.1.1  | Objetivos General.....                                | 1  |
| 1.1.2  | Objetivos Específicos .....                           | 1  |
| 1.1.3  | Limitantes del proyecto.....                          | 1  |
| 1.2.   | Organización de la Empresa o Institución .....        | 1  |
| 1.2.1. | Antecedentes históricos.....                          | 1  |
| 1.2.2. | Filosofía Empresarial .....                           | 2  |
| 1.2.3. | Estructura Organizacional .....                       | 3  |
| II.    | FUNDAMENTACIÓN DE LA EXPERIENCIA PROFESIONAL.....     | 5  |
| 2.1.   | Marco Teórico .....                                   | 5  |
| 2.1.1. | Antecedentes.....                                     | 5  |
| 2.1.2. | Bases Teóricas .....                                  | 6  |
| 2.1.3. | Aspectos Normativos.....                              | 23 |
| 2.1.4. | Simbología Teórica.....                               | 24 |
| 2.2.   | Descripción de las actividades realizadas .....       | 25 |
| 2.2.1. | Etapas del informe.....                               | 25 |
| 2.2.2. | Diagrama de Flujo .....                               | 25 |
| 2.2.3. | Cronograma de Actividades.....                        | 27 |
| III.   | APORTES REALIZADOS .....                              | 28 |
| 3.1.   | Planificación, ejecución y control de las etapas..... | 28 |
| 3.1.1. | Cálculo de altura de Luminaria .....                  | 28 |
| 3.1.2. | Área.....   | 28 |
| 3.1.3. | Cálculo del índice de local K.....                    | 30 |

|         |   |    |
|---------|---|----|
| 3.1.4.  | Factor de reflexión .....   | 32 |
| 3.1.5.  | Factor de utilización.....  | 32 |
| 3.1.6.  | Factor de Mantenimiento .....   | 35 |
| 3.1.7.  | Flujo Luminoso .....  | 35 |
| 3.1.8.  | Número de Luminarias .....  | 36 |
| 3.1.9.  | Distribución de Luminarias .....  | 38 |
| 3.1.10. | Iluminancia Media .....   | 43 |
| 3.2.    | Evaluación Técnica - Económica .....  | 44 |
| 3.3.    | Análisis de resultados .....  | 44 |
| IV.     | DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....   | 47 |
| 4.1.    | Discusión .....   | 47 |
| 4.2.    | Conclusión .....  | 48 |
| V.      | RECOMENDACIONES .....   | 49 |
| VI.     | BIBLIOGRAFÍA .....  | 50 |
|         | ANEXOS .....  | 52 |
|         | ANEXO 1: EM 0.10 instalaciones eléctricas interiores del reglamento nacional de edificaciones ..... | 53 |
|         | ANEXO 2: Norma básica de ergonomía y de procedimiento de evaluación de riesgo disergonómico .....   | 74 |
|         | ANEXO 3: Características de Luminaria seleccionada.....   | 92 |
|         | ANEXO 4: Plano de distribución de luminarias LED.....   | 95 |

## **Ilustraciones**

|   |    |
|---|----|
| Ilustración 1 Organización Empresarial de Corporación 2M S.A.C .....                | 4  |
| Ilustración 2 Tipos de luminaria .....  | 9  |
| Ilustración 3 Bombillo LED .....  | 9  |
| Ilustración 4 Dimensión de local a analizar .....                                   | 13 |
| Ilustración 5 Dimensiones del local .....   | 14 |
| Ilustración 6 Diagrama de confort visual.....                                       | 21 |
| Ilustración 7 Diagrama de Flujo.....  | 26 |
| Ilustración 8 Tramos o secciones de áreas .....                                     | 29 |
| Ilustración 9 Almacén Fursys .....  | 32 |
| Ilustración 10 Tabla de Iluminancia media para almacenes .....                      | 35 |
| Ilustración 11 Distribución de luminarias .....                                     | 41 |
| Ilustración 12 Registro fotográfico de vistas panorámica de almacén FURSYS<br>..... | 42 |

## Tabla

|  |    |
|--|----|
| Tabla 1 Cálculo de la altura de las luminarias según la iluminación .....      | 12 |
| Tabla 2 Cálculo del índice de local .....                                      | 13 |
| Tabla 3 Valores del factor de reflexión .....                                  | 15 |
| Tabla 4 Valores del factor de mantenimiento (fm) .....                         | 16 |
| Tabla 5 Tabla de Eficiencias de tipos de lámparas.....                         | 18 |
| Tabla 6 Distancia máxima entre luminarias dependiendo de la altura del local   | 19 |
| Tabla 7 Grupos según temperatura de color .....                                | 20 |
| Tabla 8 Tipo de aspecto final según iluminancia y apariencia del color.....    | 21 |
| Tabla 9 Apariencia y rendimientos en color.....                                | 22 |
| Tabla 10 Cronograma de obra .....  | 27 |
| Tabla 11 Área de cada tramo .....  | 30 |
| Tabla 12 Índice de local de Tramos o áreas.....                                | 31 |
| Tabla 13 Factor de utilización del aparato de alumbrado según fabricante ..... | 33 |
| Tabla 14 Factor de Utilización de tramos o áreas.....                          | 34 |
| Tabla 15 Flujo luminoso de tramos o áreas.....                                 | 36 |
| Tabla 16 Número de Luminarias para cada tramo .....                            | 37 |
| Tabla 17 Distribución de Luminarias por largo y ancho de cada tramo o área.    | 39 |
| Tabla 18 Iluminancia media por cada tramo o área.....                          | 43 |
| Tabla 19 Cuadro de costos por actividad .....                                  | 44 |
| Tabla 20 Pliego tarifaria para BT3 según OSINERGMIN .....                      | 45 |
| Tabla 21 Cuadro de consumo energético y gasto con luminaria fluorescente.      | 45 |
| Tabla 22 Cuadro de consumo energético y gasto con luminaria led .....          | 46 |

## **I. ASPECTOS GENERALES**

### **1.1. OBJETIVOS**

#### **1.1.1 Objetivos General**

Optimizar el sistema de iluminación en el almacén de equipos electrónicos de la Empresa Fursys S.A.C.

#### **1.1.2 Objetivos Específicos**

- Determinar el valor del Índice de local K según la distribución del almacén.
- Calcular el flujo luminoso conforme a la iluminancia media según la Norma Básica de Ergonomía y de Procedimiento de Evaluación de Riesgo Disergonómico.
- Definir la cantidad y distribución la luminaria en el área de trabajo apropiadamente.
- Demostrar el ahorro energético y tiempo de retorno de inversión o recuperación de la inversión.

#### **1.1.3 Limitantes del proyecto**

Las limitaciones presentes durante el desarrollo del trabajo de investigación fueron:

- Tiempo para realizar todas las actividades asociadas al desarrollo del proyecto.
- Bancos de datos incompletos y no actualizados, suministrados por el almacén.

### **1.2. ORGANIZACIÓN DE LA EMPRESA O INSTITUCIÓN**

#### **1.2.1. Antecedentes históricos**

Corporación 2M S.A.C. inició en 2008, dedicada a atender necesidades en el mercado de telecomunicaciones e instalaciones eléctricas, brindando servicio de Ingeniería, fabricación y montajes de estructura metálica, Coubicaciones, Consultoría, energía, en general Mantenimiento preventivo y correctivo.

### **1.2.2. Filosofía Empresarial**

a) Visión:

Corporación 2M S.A.C. busca ser reconocido a nivel nacional como la organización líder en el sector, que desarrolla proyectos de ingeniería relacionados a telecomunicaciones e instalaciones eléctricas.

b) Misión:

Corporación 2M S.A.C. es una empresa dedicada al Diseño, Desarrollo, Coubicación, instalaciones eléctricas, Mantenimiento de Estructuras y Torres de Telecomunicaciones; que realiza proyectos con altos estándares de calidad; con la finalidad de convertirnos en el socio estratégico que proporciona sostenibilidad e innovación en cada proyecto desarrollado.

c) Valores de la Organización:

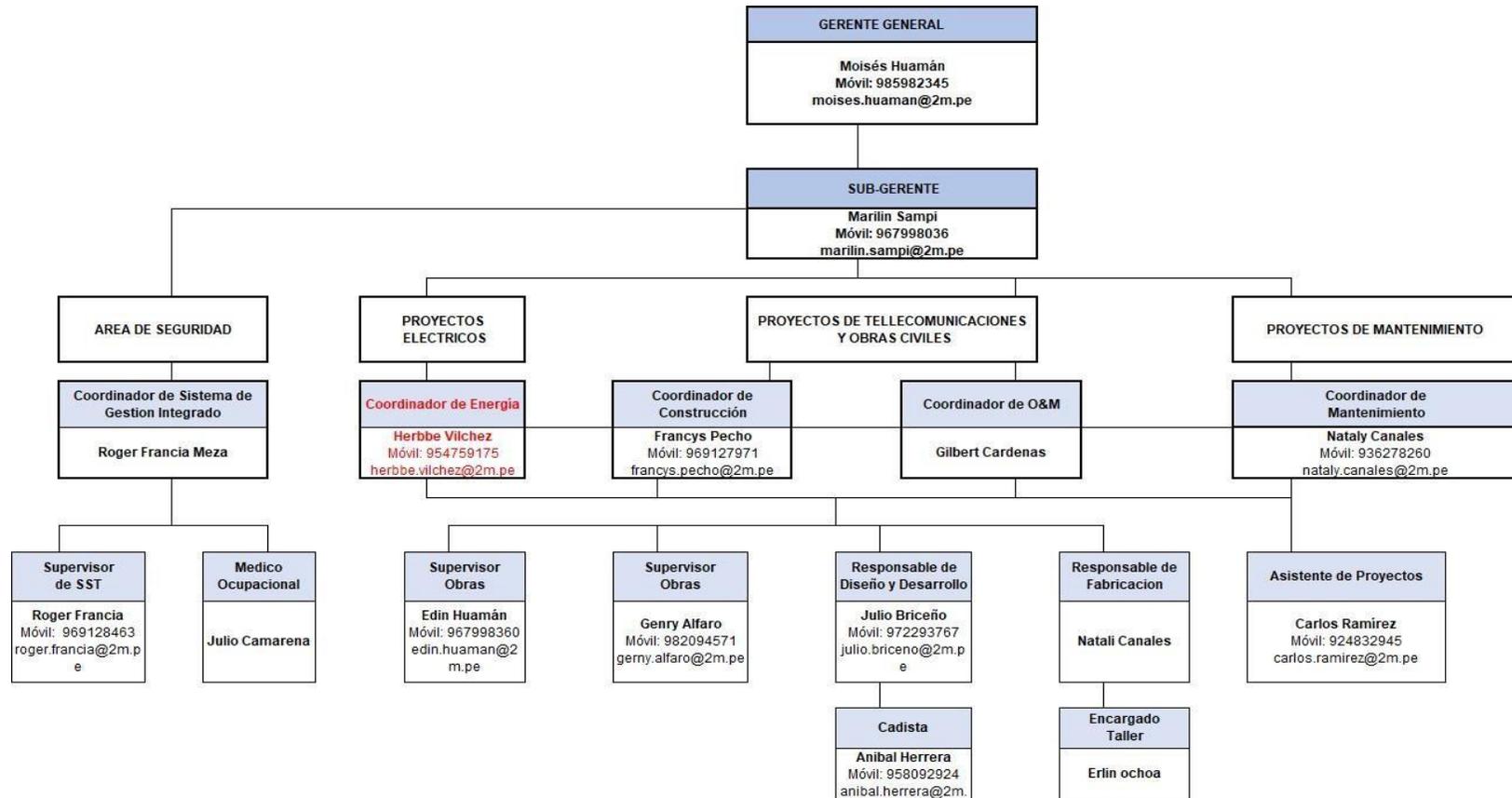
- Ética y respeto mutuo como principios para actuar dentro y fuera de la organización.
- Compromiso con la empresa, sus valores, objetivos, políticas, misión y visión.
- Trabajo en equipo entre todo el personal como estrategia para alcanzar nuestros objetivos y lograr la satisfacción de nuestras partes interesadas.
- Calidad en cada servicio o fabricación que ofrecemos a través de la mejora continua, con la finalidad de satisfacer expectativas de los clientes.
- Seguridad, Salud Ocupacional y Medio ambiente de nuestros clientes, colaboradores y comunidades donde realizamos nuestras operaciones, a fin de lograr ambientes de trabajo libres de todo riesgo, bajo normas nacionales e internacionales.
- Integridad de nuestros colaboradores que refleje honradez a nivel personal y profesional en todas sus acciones, buscando obtener la confianza del cliente.

- Disciplina para la ejecución de nuestros trabajos, que nos permita obtener proyectos más ordenados y mejores resultados.

### **1.2.3. Estructura Organizacional**

La organización Estructural de Corporación 2M S.A.C. se muestra en la Ilustración 1.

Ilustración 1 Organización Empresarial de Corporación 2M S.A.C.



Fuente: Corporación 2M S.A.C.

## II. FUNDAMENTACIÓN DE LA EXPERIENCIA PROFESIONAL

### 2.1. MARCO TEÓRICO

#### 2.1.1. Antecedentes

##### a) Nacionales

Universidad César Vallejo, Tarapoto – Perú, 2018, Dávila Trigozo, M. Tesis “**Sistema de iluminación LED que permita reducir el consumo de energía eléctrica del sistema de iluminación de la zona céntrica de Morales, 2018**” indica que de acuerdo al aumento de precios de la energía es necesaria la implementación del cambio con el sistema de tecnología led. Asimismo, indica que de acuerdo a la implementación de la tecnología LED traerá consigo mejor confort para la población o usuarios

Universidad Nacional del Altiplano, Puno – Perú, 2017, Hurtado Rodrigo, J. Tesis “**Análisis técnico-económico para la optimización del sistema de iluminación de la Av. Mártires 4 de noviembre aplicando luminarias con tecnología led**”, en su presente tesis indica que la optimización se realiza en base a las normativas peruanas, para posteriormente realizar comparaciones entre la tecnología anterior y la tecnología LED, analizando los resultados de las mejoras que se realizarían.

Universidad Privada del Norte, 2016, Lima – Perú, Pérez Núñez, D. y Villareal Quinto, L. Tesis “**Implementación de un sistema de lámparas LED en el Alumbrado público controlado mediante un software PRIMEREAD en el distrito de Miraflores para la empresa Luz del Sur**”, concluyen “La implementación de las luminarias LED son más rentables a largo plazo que las lámparas de vapor de sodio de alta presión por su mayor vida útil, lo que traduce en menores costos asociados al mantenimiento de las mismas.”

b) Internacionales

Universitat Politècnica de Valencia, Valencia - España, 2015, Castilla Cabanes, N. Tesis “**La iluminación artificial en los espacios docentes**”, se tomará este antecedente debido a que al nivel de iluminación que se optimizara influirá mucho en los trabajadores para que realicen sus tareas de manera tranquila y segura.

Universidad politécnica Salesiana sede Cuenca, Cuenca - Ecuador, 2014, Pesántez Pesántez, F. y Valdez Salamea, A. Tesis “**Diseño de un sistema de optimización de energía eléctrica para iluminación en sectores críticos de la universidad politécnica salesiana sede Matriz Cueca**”, planteó el diseño y la implementación de un prototipo para optimizar la energía eléctrica empleada en iluminación en los lugares críticos del plantel.

Universidad Politécnica Salesiana sede Quito, Quito - Ecuador, 2013, Muñoz Arias, J. Tesis “**Diseño de un sistema para el mejoramiento y optimización de la iluminación eléctrica, en tres agencias del Servicio de Rentas (SRI) de la Ciudad de Quito**” se analizará las normativas sobre la iluminación en interiores la que tiene el fin de proponer un uso eficiente de la iluminación y su control, creando un sistema de mayor rendimiento del recurso energético en las agencias el SRI de la ciudad de Quito.

### 2.1.2. Bases Teóricas

a) Intensidad luminosa

(Intercom Factory S.L, 2018) “el flujo luminoso emitido por unidad de ángulo sólido en una dirección concreta expresado en candelas”.

b) Lumen

(GARCÍA MÁRQUEZ ROBLEDILLO, y otros, 2014) “Unidad para medir el flujo luminoso de una lámpara. Está reconocida en el Sistema internacional de Medidas como una unidad más, como el metro o el kilogramo”.

c) Lux

(HENAO ROBLEDO, 2014) “Unidad de medida del sistema métrico para cuantificar los niveles de iluminación. Equivale al nivel de iluminación que produce un lumen distribuido en un metro cuadrado de superficie. 1 lux = 0.09729 Bujía-pie.

$$\text{Número de lux incidente sobre una superficie} = \frac{\text{Lúmenes}}{\text{Área (m}^2\text{)}}$$

d) Rendimiento luminoso

(GONZÁLEZ MAESTRE, 2007) “Esta variable indica el flujo que emite la fuente luminosa por cada unidad de potencia eléctrica consumida para su obtención. El rendimiento luminoso tiene unidades de lumen/vatio ( $lm / w$ )”.

e) Iluminancia

(DELOJO MORCILLO, 2011) “En un cuerpo iluminado, la iluminancia es el flujo luminoso recibido por un elemento de superficie. Su unidad es el lux”.

f) Luminancia

(HENAO ROBLEDO, 2014) “Es una característica propia del aspecto luminoso de una fuente de luz o de una superficie iluminada en una dirección dada. Es lo que produce en el órgano visual la sensación de claridad; la mayor o menor claridad con que se ven los objetos igualmente iluminados depende de su luminancia”.

g) Luminaria

(GARCÍA MÁRQUEZ ROBLEDILLO, y otros, 2014) “Según la Norma UNE-EN60598-1 (CEI598-1), se define la luminaria como:

Un aparato de alumbrado que reparte, filtra o transforma la luz emitida por una o varias lámparas, y en caso necesario, los circuitos auxiliares en combinación con los medios de conexión con la red de alimentación.

Por tanto, las luminarias realizan la triple función de:

- Control luminoso.
- Control térmico.
- Seguridad eléctrica”.

#### h) Tipos de Luminaria

(Escuela Colombiana de ingeniería "Julio Garavito", 2008) “El tipo de lámpara y luminaria a instalar depende del lugar a iluminar y de la tarea a desarrollar. Por lo que es necesario tener en cuenta los siguientes parámetros:

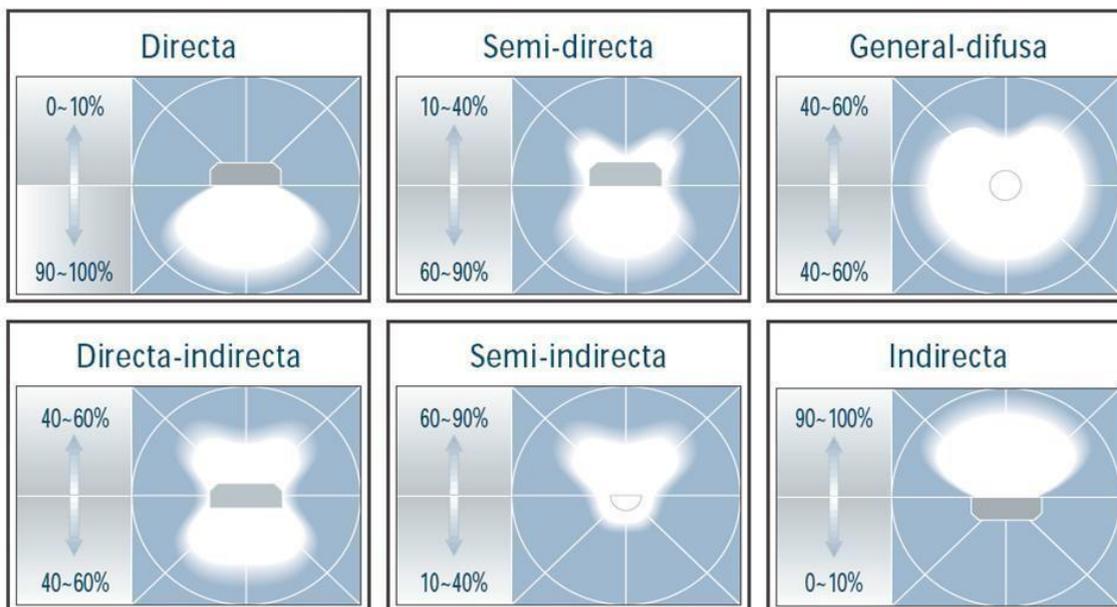
- Luminancia y distribución luminosa.
- Rendimiento y duración de la lámpara.
- Índice de reproductividad cromática.

Características especiales de funcionamiento (tiempos de encendido y reencendido, posición de funcionamiento, generación de efectos estroboscópicos, etc.). (...)

Según la forma en que distribuyen la luz, las luminarias se clasifican básicamente en seis grupos:

- a) Luminarias directas, donde toda la luz es dirigida hacia abajo
- b) Luminarias semi-directas, donde la mayoría de la luz es dirigida hacia abajo
- c) Luminarias general difusas, donde la luz se distribuye en todas las direcciones
- d) Luminarias directa-indirectas, donde la luz es distribuida en el mismo porcentaje tanto hacia arriba como hacia abajo.
- e) Luminarias semi-indirectas, donde la mayoría de la luz es dirigida hacia arriba.
- f) Luminarias indirectas, donde toda la luz es dirigida hacia arriba.”

Ilustración 2 Tipos de luminaria



Fuente: Escuela Colombiana de ingeniería "Julio Garavito", 2008

#### i) Lámparas LED

Según ( RODRÍGUEZ GALBARRO, 2017) comenta que “El término LED significa literalmente diodo emisor de luz (light-emitting diode). Utiliza la llamada tecnología de iluminación de estado sólido (SSL), consistente en emitir luz a partir de un trozo de materia sólida, que en el caso de un LED tradicional es un semiconductor. Esto se consigue a partir de la radiación que emiten los electrones en movimiento dentro de la estructura del semiconductor.

Ilustración 3 Bombillo LED



Fuente: Ingemecanica.com

Las ventajas del empleo de lámparas LED son numerosas, entre las que destacan las siguientes:

- Mayor durabilidad. Las lámparas LED duran 50 veces más que una incandescente, 10 veces más que un tubo fluorescente y 6 veces más que una lámpara de bajo consumo. El LED tiene una vida útil superior a 50.000 horas, lo que significa un gran ahorro en coste por reposición y servicio de mantenimiento;
- Mayor eficiencia, de hasta 4 veces superior a la de una lámpara convencional, posibilitando una iluminación de muy bajo consumo;
- Los LEDs no contienen materiales tóxicos, como mercurio, gases tóxicos o plomo, que afecten de forma negativa al medioambiente;
- Permite un mejor control del color y tonalidad de la luz ofrecida;
- Dado que la estructura del propio LED es electrónica, esto permite unas posibilidades de control digital de la intensidad de la luz que emite, desde la posición de apagado al 100% de su flujo, confiriendo un mayor dinamismo y adaptación de la regulación de la luz;
- El hecho de ser dispositivos electrónicos sólidos, le proporcionan gran robustez, resistentes a vibraciones y permite su uso en condiciones extremas de temperatura (desde -40°C hasta +120°C);
- Una lámpara LED sólo emite luz visible, y no emite radiación ultravioletas ni infrarrojas, como sí lo hacen las lámparas de tipo incandescentes, fluorescentes o de descarga. Por lo tanto, una iluminación a base de lámparas LED no produce calentamiento ni deterioro de las piezas que ilumina, por lo que lo hace idónea para iluminar obras de arte, productos sensibles o comestibles, tejidos, etc.

- Alimentación a bajo voltaje que permite su uso en aplicaciones acuáticas, automoción y aeronáutica. También permite su uso en instalaciones generadoras de fuentes renovables (solar, eólica), que generan a baja tensión con lo que se evita tener que emplear transformadores intermedios con las pérdidas de energía que ello supone.”

j) Sistema de iluminación

MENDEZ DIEZ, Faustino, FERNÁNDEZ ZAPICO Florentino y LLANEZA ÁLVAREZ, Francisco destacan que “para que la actividad laboral se pueda llevar a cabo de manera correcta es necesario que la visión e iluminación se complementen. Esa adecuación implica unas condiciones óptimas para ejecutar eficazmente el trabajo, sin fatiga. Un sistema de iluminación ergonómico tiene por objeto:

- Favorecer al máximo la percepción de las informaciones visuales utilizadas en el trabajo.
- Asegurar un nivel adecuado para la buena ejecución de las tareas.
- Procurar un grado aceptable de confort visual. Ello implica que no exista un excesivo contraste en el entorno de trabajo y que el color de las fuentes de luz sea adecuado a las tareas y psicología de las personas.”

Por lo cual debemos tener en cuenta los siguientes aspectos para el correcto cálculo y diseño del sistema de luminarias.

k) Cálculo de altura de luminarias

Para el cálculo de alturas se tomará en cuenta el sistema d iluminación escogido, tal como plantea LIÑÁN ROMERO, Ángel (2015).

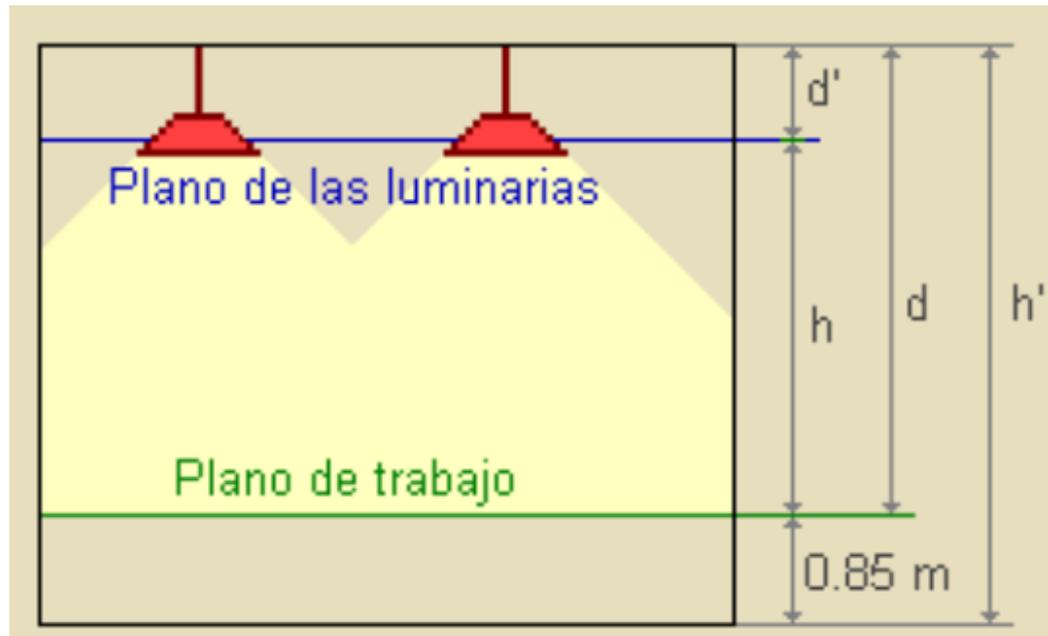
Tabla 1 Cálculo de la altura de las luminarias según la iluminación.

| Tipo de local  | Altura de las luminarias  |
|--|---|
| Locales de altura normal (oficinas, viviendas, aulas...) | Lo más altas posibles   |
| Locales con iluminación directa, semidirecta y difusa    | Mínimo:<br>$h = \frac{2}{3}(h' - 0.85)$ Óptimo:<br>$h = \frac{4}{5}(h' - 0.85)$ |
| Locales con iluminación indirecta                        | $d' = \frac{1}{4}(h' - 0.85)$ $d' = \frac{3}{4}(h' - 0.85)$                     |

Fuente: UF1442: realización de las intervenciones necesarias para el montaje de las instalaciones eléctricas en el entorno de edificios y con fines especiales, (2015).

Donde el 0.85 es el valor promedio de trabajo el cuál varía dependiendo del trabajo a realizar y  $h'$  es la altura desde el suelo hasta el techo. (Véase Ilustración 4)

Ilustración 4 Dimensión de local a analizar



Fuente: CITCEA UPC - FERNANDEZ GARCIA, Javier (2020)

l) Cálculo del índice de local (k)

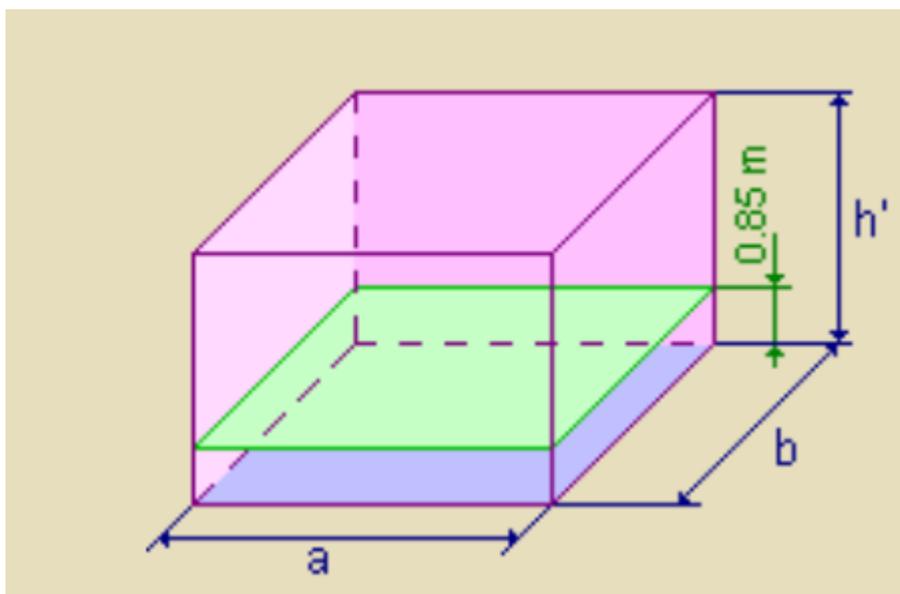
El cálculo del índice del local (k) a partir de la geometría del local, por lo cual es necesario conocer el área y dimensiones del local donde se harán las instalaciones u optimizaciones. Tal como LIÑÁN ROMERO, Ángel (2015).

Tabla 2 Cálculo del índice de local

| Sistema de iluminación  | Índice de local                                    |
|---|--|
| Iluminación directa, semidirecta, directa-indirecta y general difusa. | $K = \frac{a \cdot b}{h \cdot (a + b)}$            |
| Iluminación indirecta y semiindirecta                                 | $K = \frac{3 \cdot a \cdot b}{2(h + 0.85)(a + b)}$ |

Donde k es el índice del local, a es el ancho del plano de trabajo, b es el alto del plano de trabajo, h es la altura del plano de trabajo-luminarias. (Véase Ilustración 5)

Ilustración 5 Dimensiones del local



Fuente: CITCEA UPC - FERNANDEZ GARCIA, Javier (2020)

m) Factor de reflexión ( $\rho$ )

(BERNAL ROSSO, 2019) define que “el factor de reflexión es la luminancia que tiene una superficie de un objeto dividida entre la luminancia que tiene una muestra plana de un objeto patrón en las mismas condiciones de iluminación y medición.”

El factor de reflexión se hallará en concordancia a los colores del techo, paredes y suelo según tabla 3.

Tabla 3 Valores del factor de reflexión

|                | Color              | Factor de reflexión ( $\rho$ ) |
|----------------|--------------------|--------------------------------|
| <b>Techo</b>   | Blanco o muy claro | 0.7                            |
|                | claro              | 0.5                            |
|                | medio              | 0.3                            |
| <b>Paredes</b> | claro              | 0.5                            |
|                | medio              | 0.3                            |
|                | oscuro             | 0.1                            |
| <b>Suelo</b>   | claro              | 0.3                            |
|                | oscuro             | 0.1                            |

Fuente: CITCEA UPC - FERNANDEZ GARCIA, Javier (2020)

n) Factor de Utilización ( $\eta$ )

(ENRÍQUEZ HARPER, 2004) menciona que “el factor de utilización depende del sistema de iluminación, de las características de la luminaria, del índice del local (K), del factor de reflexión del techo y de las paredes del local (dado en tablas o catálogos de fabricantes).

o) Factor de Mantenimiento ( $f_m$ )  
 (CABELLO RIVERO, 2019) refiere que depende del grado de limpieza de las luminarias. Oscila entre 0.85 (buen mantenimiento) y 0.5 (poco mantenimiento). Para cálculos de diseño se consideran los valores, acorde a la tabla 4.

Tabla 4 Valores del factor de mantenimiento ( $f_m$ )

| Ambiente | Factor de mantenimiento ( $f_m$ ) |
|----------|-----------------------------------|
| Limpio   | 0.8                               |
| Sucio    | 0.6                               |

Fuente: CITCEA UPC - FERNANDEZ GARCIA, Javier (2020)

p) Flujo luminoso  
 (GARCÍA MÁRQUEZ ROBLIEDILLO, y otros, 2014) “La potencia emitida en forma de radiación visible por una fuente luminosa o lámpara y evaluada según su capacidad de producir sensación luminosa, teniendo en cuenta la variación de la sensibilidad del ojo con la longitud de onda. La unidad de medida es el lumen (lm) y su símbolo es el  $\Phi$ .”

$$\Phi_T = \frac{E \times S}{\eta \times f_m}$$

Donde:

$\Phi_T$  = Flujo luminoso total (lm)

$E$ = iluminancia media deseada (lx)

$S$ = Superficie del plano de trabajo

$\eta$ = Factor de utilización

$f_m$  = Factor de mantenimiento

q) Número de Luminarias

(ENRÍQUEZ HARPER, 2004) nos indica que el cálculo del número de las luminarias se da por la siguiente fórmula:

$$N = \frac{\Phi_T}{n \times \Phi_L}$$

Donde:

N = Número de Luminarias.

$\Phi_T$  = Flujo luminoso total. (lm)

$\Phi_L$  = Flujo luminoso de una lámpara. (lm)

n = número de lámparas por luminaria.

r) Eficiencia de la Luminaria

Acorde a ( RODRÍGUEZ GALBARRO, 2017) “La eficiencia aplicada en iluminación sirve para medir qué parte de la potencia total consumida por una lámpara se usa para iluminar. Es decir, es la relación entre el flujo luminoso emitido (en lúmenes) y la potencia consumida (en vatios). La eficiencia representa la parte de potencia útil del total de la potencia consumida por la lámpara.

La elección de lámparas eficientes no debe hacerse nunca a expensas de obtener un menor confort visual, sino que, una vez elegido el tipo de lámpara más idóneo para la clase de actividad y local, entonces sí se debe elegir aquellas de entre el mismo tipo que ofrezcan menores pérdidas y presenten una mejor eficiencia.

En la siguiente tabla se muestra la serie de rendimientos típicos de algunos tipos de lámparas. El rendimiento o eficiencia representa la parte útil de la potencia total consumida por la lámpara que se convierte en potencia radiante sensible al ojo humano.

Tabla 5 Tabla de Eficiencias de tipos de lámparas

| Eficiencia de tipos de lámparas               |                   |
|---|-------------------|
| Lámpara incandescencia de filamento de 100 W  | 14 lúmenes/watio  |
| Lámpara halógena de tungsteno de baja tensión | 20 lúmenes/watio  |
| Lámpara LED de 42 W                           | 88 lúmenes/watio  |
| Tubo fluorescente de 58 W                     | 89 lúmenes/watio  |
| Lámpara de sodio de alta presión de 400 W     | 125 lúmenes/watio |
| Lámpara de sodio de baja presión de 131 W     | 198 lúmenes/watio |

Fuente: ingemecanica.com

En todo caso, realizar un mantenimiento periódico de la instalación de alumbrado es muy importante. Una limpieza periódica que elimine la acumulación de polvo de las luminarias ayudará a mantener unos niveles de iluminación que no se deteriore durante la vida útil de la lámpara.

En otros casos, conviene no apurar del todo la vida de trabajo de la lámpara. Así, mientras que una bombilla incandescente mantiene su eficiencia hasta prácticamente los momentos previos al fallo, no ocurre lo mismo con las lámparas o tubos fluorescentes, cuyo rendimiento puede sufrir una reducción de hasta 75% después de las primeras mil horas de uso.”

#### s) Distribución de luminarias

Como plantea (LIÑAN ROMERO, 2015) una vez se ha calculado el número mínimo de lámparas y luminarias (N) procederemos a distribuirlas 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 fórmulas:

$$N_{ancho} = \sqrt{\frac{N \times ancho \text{ el local}}{largo \text{ del local}}}$$

$$N_{largo} = \frac{N_{ancho} \times largo \text{ el local}}{ancho \text{ del local}}$$

La distancia máxima de separación entre las luminarias dependerás del ángulo de apertura de haz de luz y de la altura de las luminarias sobre el plano de trabajo. (...) De la misma manera, las luminarias próximas a la pared necesitan estar más cerca para iluminarla (normalmente la mitad de la distancia). Las conclusiones sobre la separación entre las luminarias las podemos resumir como sigue:

Tabla 6 Distancia máxima entre luminarias dependiendo de la altura del local

| Tipo de luminaria                | Altura del local | Distancia máxima entre luminarias |
|----------------------------------|------------------|-----------------------------------|
| Intensiva                        | > 10 m           | $e \leq 1.2 h$                    |
| Extensiva                        | 6 - 10 m         | $e \leq 1.5 h$                    |
| Semiextensiva                    | 4 - 6 m          |                                   |
| Extensiva                        | $\leq 4 m$       | $e \leq 1.6 h$                    |
| Distancia pared-luminaria: $e/2$ |                  |                                   |

Fuente: UF1442: realización de las intervenciones necesarias para el montaje de las instalaciones eléctricas en el entorno de edificios y con fines especiales, (2015).

t) Iluminancia media (E)

Según (VILLAZÓN GODOY, 2004) define este término como el que “Corresponde este valor a la iluminancia esperada sobre el plano de trabajo”. El valor nominal de este dato será dado por las tablas según UNE-EN 12464-1:2012 (véase Anexo 3).

A su vez, el cálculo de la iluminancia nos sirve para método de comprobación de los resultados mediante la siguiente fórmula.

$$E_m = \frac{N \times n \times \Phi_L \times \eta \times f_m}{S} \geq E_{tablas}$$

Donde:

$E_m$ =Iluminancia media (lx)

$\Phi_L$ = Flujo luminoso de una lámpara. (lm)

N = número de luminarias.

n = número de lámparas por luminaria.

S= Superficie del plano de trabajo (m<sup>2</sup>)

$\eta$ = Factor de utilización

$f_m$ = Factor de mantenimiento

u) Color

( RODRÍGUEZ GALBARRO, 2017) considera que “La elección del tipo de color de luz que proporciona una lámpara, también llamada apariencia en color, incide de manera decisiva en la reproducción de los colores de los objetos que ilumina.

La apariencia en color de las lámparas viene determinada por su temperatura de color, que permiten su división en tres grandes grupos según tabla 7.

Tabla 7 Grupos según temperatura de color

| Temperatura de color, Tc | Apariencia en color |
|--------------------------|---------------------|
| Tc > 5000 K              | Fría o diurna       |
| 3300 ≤ Tc ≤ 5000 K       | Neutra o intermedia |
| Tc < 3300 K              | Cálida              |

Fuente: ingemecanica.com

Por otro lado, la apariencia en color no sólo basta para determinar la coloración de la iluminación, y, por ende, la sensación final. La iluminancia junto con la apariencia en color de la lámpara determinará el aspecto final que observemos como indica la tabla 8.

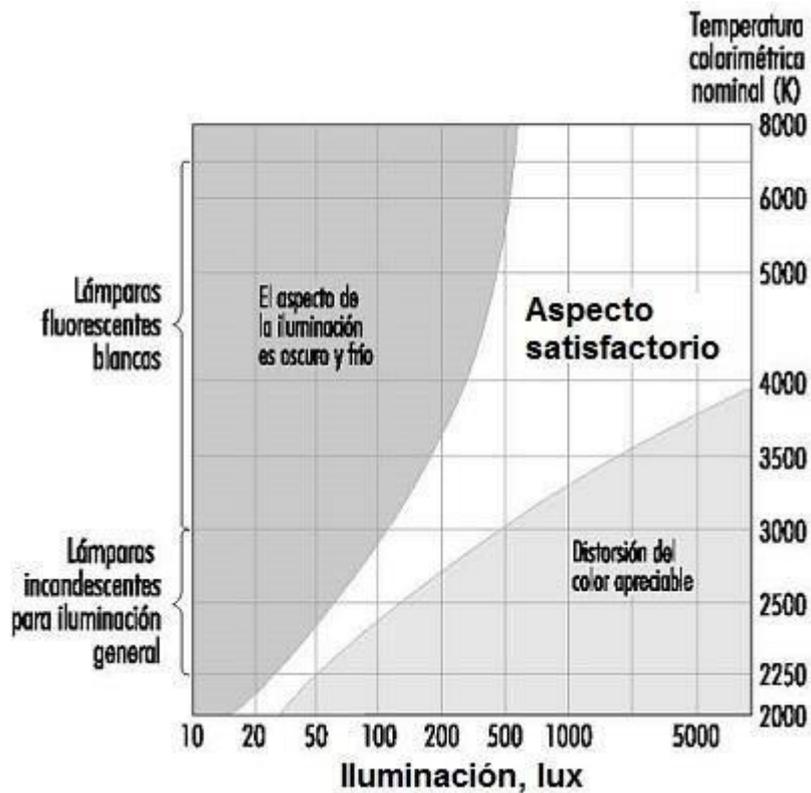
Tabla 8 Tipo de aspecto final según iluminancia y apariencia del color

| Iluminancia,<br>E<br>(lux) | Apariencia en color de la luz |             |           |
|----------------------------|-------------------------------|-------------|-----------|
|                            | Cálida                        | Neutra      | Fría      |
| $E \leq 500$               | agradable                     | neutra      | fría      |
| $500 < E < 1000$           | ↓                             | ↓           | ↓         |
| $1000 < E < 2000$          | estimulante                   | agradable   | neutra    |
| $2000 < E < 3000$          | ↓                             | ↓           | ↓         |
| $E \geq 3000$              | no neutral                    | estimulante | agradable |

Fuente: ingemecanica.com

En la siguiente figura se muestra cómo resulta la sensación de confort visual en función del nivel de iluminación y de la temperatura colorimétrica de la lámpara que se use acorde a la ilustración 6.

Ilustración 6 Diagrama de confort visual



Fuente: ingemecanica.com

Por último, se introduce el llamado índice de rendimiento del color de las lámparas (IRC ó Ra), que mide la calidad de reproducción de los colores. El Comité Español de Iluminación propone el siguiente sistema de clasificación de las lámparas en función del rendimiento del color que ofrezcan acorde a la tabla 9.

Tabla 9 Apariencia y rendimientos en color

| Grupo        | Ra   | Apariencia | Aplicaciones  |
|--------------|--|------------|---|
| 1            | Ra ≥ 85  | Fría       | Industria textil, fábricas de pinturas, talleres de imprenta                      |
|              |  | Neutra     | Escaparates, tiendas, hospitales  |
|              |  | Cálida     | Hogares, hoteles, restaurantes  |
| 2            | 70 ≤ Ra < 85   | Fría       | Oficinas, escuelas, grandes almacenes, industrias de precisión (climas cálidos)   |
|              |  | Neutra     | Oficinas, escuelas, grandes almacenes, industrias de precisión (climas templados) |
|              |  | Cálida     | Oficinas, escuelas, grandes almacenes, industrias de precisión (climas fríos)     |
| 3            | Ra < 70  |            | Interiores donde la discriminación cromática no es de gran importancia            |
| S (especial) | Lámparas con rendimiento en color fuera de lo normal |            | Para aplicaciones especiales  |

Fuente: [ingemecanica.com](http://ingemecanica.com)

v) Cálculo de recuperación de inversión

Según (VELAYOS MORALES, 2014) comenta que “Por medio del payback (recuperación de inversión sabemos el número de periodos (normalmente años) que se tarda en recuperar el dinero desembolsado al comienzo de una inversión. Lo que es crucial a la hora de decidir si embarcarse en un proyecto o no.

Si los flujos de caja son iguales todos los años la fórmula para calcular el payback será esta:

$$\text{Payback} = \frac{I_o}{F}$$

Donde:

$I_o$  es la inversión inicial del proyecto

$F$  es el valor de los flujos de caja.”

Pero aplicándolo a nuestro caso, requerimos unas modificaciones para nuestra recuperación, contando que valor de flujo de caja sería la ganancia que obtenemos por el ahorro energético, por lo cual, la fórmula quedaría como se indica línea abajo.

$$PRI = \frac{\text{Inversión en Luminarias}}{\text{Ganancia por el ahorro energético}}$$

Donde:

PRI: Periodo de retorno de la inversión, tiempo de retorno de la inversión, payback o recuperación de la inversión

### **2.1.3. Aspectos Normativos**

Los siguientes estándares serán utilizados:

- a) DGE 017-AI-1/1982. NORMA DE ALUMBRADO DE INTERIORES Y CAMPOS DEPORTIVOS. Criterios en la elaboración de proyectos referentes al alumbrado de interiores en general, de locales, de asistencia médica, de locales deportivos, y de exteriores.
- b) NORMA BÁSICA DE ERGONOMÍA Y DE PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN DE RIESGO DISERGONÓMICO. Adaptación de las condiciones de trabajo a las características físicas y mentales de los trabajadores con el fin de proporcionarles bienestar, seguridad y mayor eficiencia en su desempeño.

- c) Norma técnica EM.010 de las instalaciones eléctricas de interiores.
- d) NTP 351.001:2017 USO RACIONAL DE ENERGÍA. Medición del flujo luminoso. Definir la terminología requerida para las mediciones de flujo luminoso.
- e) CNE Código Nacional Eléctrico RM N°139-1982-EM/DGE Tomo V “Sistema De Utilización” del Código Nacional De Electricidad”.
- f) Norma técnica de la calidad de los servicios eléctricos-NTCSE D 020-97-MEM.

#### 2.1.4. Simbología Teórica

$S$ : Sección de la línea ( $\text{mm}^2$ ). Dimensión transversal que tiene la línea eléctrica.

$\Phi$ : Flujo luminoso ( $\text{lm}$ ). Índice de flujo de la energía luminosa.

$E$ = iluminancia media ( $\text{lx}$ ). Cociente del flujo luminoso recibido por una superficie elemental y el área de esta superficie

$S$ = Superficie del plano de trabajo ( $\text{m}^2$ ). Área en la cual se realiza el trabajo.

$\eta$ = Factor de utilización. Cociente de dividir la energía que ha producido o consumido una instalación en un período de tiempo, entre la que habría producido o consumido si hubiera funcionado a la potencia nominal.

$f_m$ = Factor de mantenimiento. Cociente entre la iluminancia media sobre el plano de trabajo después de un cierto periodo de uso de una instalación de alumbrado y la iluminancia media obtenida bajo la misma condición para la instalación considerada como nueva.

## **2.2. DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS**

### **2.2.1. Etapas del informe**

a) Etapa 1: Recolección de datos e identificación de áreas.

Como primera actividad a realizar, se iniciará con la *recopilación de datos de las dimensiones de las áreas donde se pondrán las luminarias* mediante planos que podríamos recibir de parte del cliente o las medidas en campo que fueron tomadas. Con lo cual se iniciará el *planteamiento de ideas para la realización del trabajo* para realizar la organización del trabajo y determinar tiempos y plazos. Para dar paso a la revisión de la normativa y especificaciones del cliente.

b) Etapa 2: Realización de cálculos y selección de luminaria y cableado

En esta etapa se iniciarán la evaluación de tramos o áreas donde irán las luminarias, así como también *Cálculo de flujo luminoso y cantidad de luminarias, y selección de luminarias*; para proceder con la *elaboración de los planos y presupuesto de obra* para presentación al cliente quién aprobará los planos o se requerirá de modificaciones tanto de los planos o de los presupuestos.

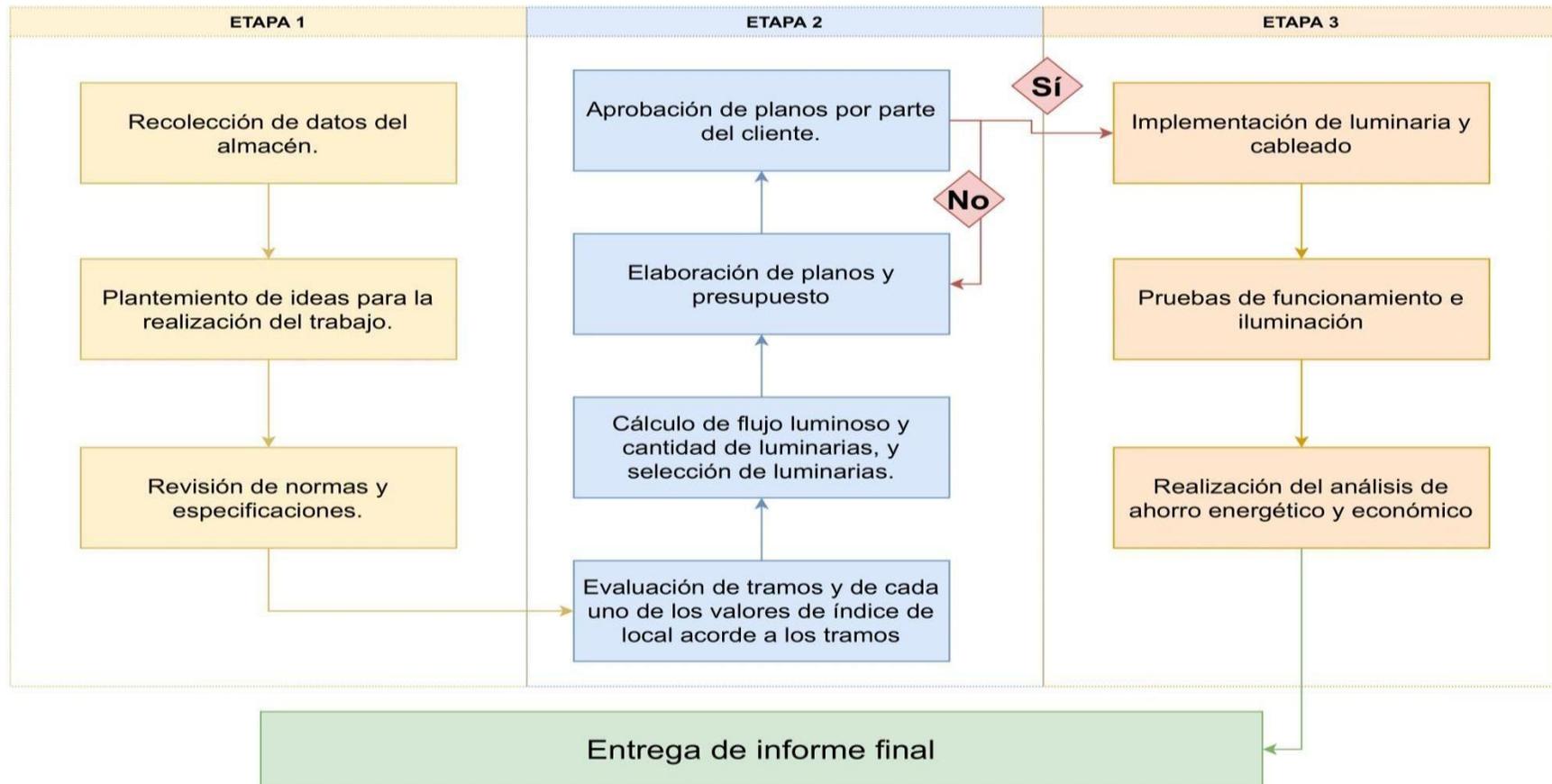
c) Etapa 3: Implementación de luminaria y cableado

La implementación se realizará por áreas acorde al análisis de los tramos donde irán y la cantidad dada por los cálculos previos. Finalizando con las pruebas de funcionamiento e iluminación para presentar la realización del análisis de ahorro energético y económico. Con el cuál, se entregaría el informe completo al cliente.

### **2.2.2. Diagrama de Flujo**

En base a las Etapas de Actividades descrito en el ítem 2.2.1, las cuales se realizarán bajo el siguiente diagrama de flujo (ver Ilustración 7).

Ilustración 7 Diagrama de Flujo



Fuente: Elaboración propia



### III. APORTES REALIZADOS

#### 3.1. PLANIFICACIÓN, EJECUCIÓN Y CONTROL DE LAS ETAPAS

##### 3.1.1. Cálculo de altura de Luminaria

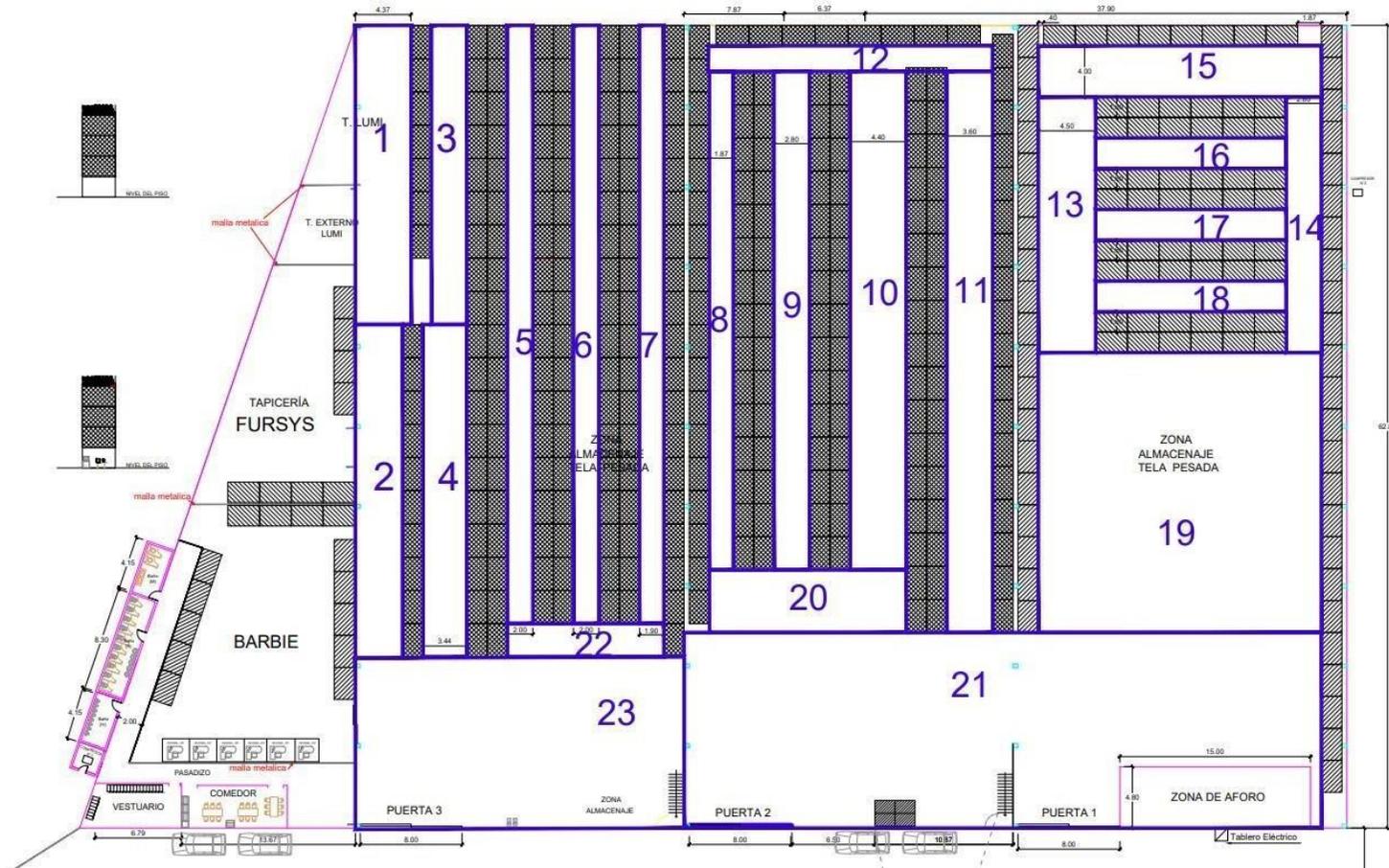
A continuación, se analizará los datos necesarios para calcular la altura a la cual debemos poner la luminaria, siendo esta uniforme en toda la extensión. En este caso se usará la fórmula para locales con iluminación directa, semidirecta y difusa, y al ser un lugar de movimiento la altura de 0.85 m para trabajo será de 1.2 m

$$h = \frac{4}{5} \cdot (Ht - 0.85)$$
$$h = \frac{4}{5} \cdot (12 - 1.2)$$
$$h = 8.64 \text{ m}$$

##### 3.1.2. Área

Como es un área irregular y con separaciones las cuáles no deberíamos considerar, se harán una división por tramos o áreas, las cuáles se muestran en la ilustración 8.

Ilustración 8 Tramos o secciones de áreas



Fuente: Elaboración propia

Calculamos el área de cada uno de los tramos para poder tener de referencia para los cálculos.

Tabla 11 Área de cada tramo

| Área     |         |
|----------|---------|
| Tramo 1  | 102.26  |
| Tramo 2  | 96.98   |
| Tramo 3  | 64.82   |
| Tramo 4  | 96.98   |
| Tramo 5  | 89.44   |
| Tramo 6  | 93.60   |
| Tramo 7  | 93.60   |
| Tramo 8  | 72.93   |
| Tramo 9  | 109.20  |
| Tramo 10 | 171.60  |
| Tramo 11 | 159.12  |
| Tramo 12 | 44.32   |
| Tramo 13 | 90.00   |
| Tramo 14 | 56.00   |
| Tramo 15 | 89.08   |
| Tramo 16 | 36.00   |
| Tramo 17 | 36.00   |
| Tramo 18 | 36.00   |
| Tramo 19 | 488.16  |
| Tramo 20 | 64.76   |
| Tramo 21 | 765.00  |
| Tramo 22 | 31.98   |
| Tramo 23 | 1018.40 |

Fuente: Elaboración propia

### 3.1.3. Cálculo del índice de local K

Seleccionamos el sistema de iluminación SEMIDIRECTA, DIRECTA-INDIRECTA Y GENERAL DIFUSA para cada tramo. La metodología seguirá el cálculo para el tramo 1.

Tramo 1:

$$k = \frac{4.37 \times 23.4}{8.64 (4.37 + 23.4)}$$

$$k = 0.4261 \approx 0.6$$

Tabla 12 Índice de local de Tramos o áreas

| Índice de local (K) |     |
|---------------------|-----|
| Tramo 1             | 0.6 |
| Tramo 2             | 0.6 |
| Tramo 3             | 0.6 |
| Tramo 4             | 0.6 |
| Tramo 5             | 0.6 |
| Tramo 6             | 0.6 |
| Tramo 7             | 0.6 |
| Tramo 8             | 0.6 |
| Tramo 9             | 0.6 |
| Tramo 10            | 0.6 |
| Tramo 11            | 0.6 |
| Tramo 12            | 0.6 |
| Tramo 13            | 0.6 |
| Tramo 14            | 0.6 |
| Tramo 15            | 0.6 |
| Tramo 16            | 0.6 |
| Tramo 17            | 0.6 |
| Tramo 18            | 0.6 |
| Tramo 19            | 1.5 |
| Tramo 20            | 0.6 |
| Tramo 21            | 1.5 |
| Tramo 22            | 0.6 |
| Tramo 23            | 1.5 |

Fuente: Elaboración propia

### 3.1.4. Factor de reflexión

En este caso en particular, no contaban con las especificaciones técnicas para los actores de reflexión, por lo cual usaremos una tabla de valores aproximados en función a la tonalidad en luz blanca. Partiremos de la ilustración 9 para el color del techo, paredes y suelo.

Ilustración 9 Almacén Fursys



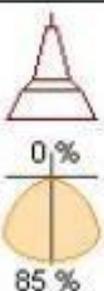
Fuente: Fotografía propia.

De los colores definimos que será un techo claro ( $\rho = 0.5$ ), paredes claras, incluyendo los pasajes de las cajas ( $\rho = 0.5$ ) y suelo oscuro ( $\rho = 0.1$ ) según tabla 3.

### 3.1.5. Factor de utilización

Con los datos obtenidos del factor de reflexión del techo ( $\rho = 0.5$ ), de las paredes ( $\rho = 0.5$ ) y el índice del local ( $k$ ) de cada tramo, hallaremos el factor de utilización según la tabla dada por el fabricante (tabla 13), debido al tipo de luminaria que se está pensando poner.

Tabla 13 Factor de utilización del aparato de alumbrado según fabricante

| Tipo de aparato de alumbrado   | Índice del local k  | Factor de utilización ( $\eta$ )   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |   |
|--|---------------------|------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---|
|  |                     | Factor de reflexión del techo      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |   |
|  |                     | 0.8                                |     |     | 0.7 |     |     | 0.5 |     |     | 0.3 |     |     | 0   |     |     |     |     |     |     |     |     |   |
|  |                     | Factor de reflexión de las paredes |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |   |
|  |                     |                                    |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 0.5 | 0.3 | 0.1 | 0.5 | 0.3 | 0.1 | 0.5 | 0.3 | 0.1 | 0.3 | 0.1 | 0 |
|  <p>0 %</p> <p>85 %</p> | 0.6                 | .37                                | .32 | .29 | .37 | .32 | .29 | .37 | .32 | .29 | .32 | .29 | .28 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |   |
|  | 0.8                 | .47                                | .42 | .38 | .46 | .42 | .38 | .46 | .41 | .38 | .41 | .38 | .37 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |   |
|  | 1.0                 | .54                                | .48 | .45 | .54 | .48 | .45 | .53 | .48 | .45 | .48 | .45 | .43 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |   |
|  | 1.25                | .60                                | .56 | .52 | .60 | .55 | .52 | .60 | .55 | .52 | .54 | .52 | .50 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |   |
|  | 1.5                 | .66                                | .61 | .57 | .65 | .60 | .57 | .64 | .60 | .57 | .59 | .56 | .55 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |   |
|  | 2.0                 | .72                                | .67 | .64 | .71 | .67 | .64 | .70 | .66 | .63 | .66 | .63 | .62 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |   |
|  | 2.5                 | .76                                | .71 | .68 | .75 | .71 | .68 | .73 | .71 | .68 | .70 | .67 | .65 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |   |
|  | 3.0                 | .79                                | .75 | .72 | .78 | .75 | .71 | .77 | .73 | .71 | .72 | .71 | .69 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |   |
|  | $D_{max} = 1.1 H_m$ | 4.0                                | .82 | .79 | .77 | .81 | .79 | .76 | .80 | .77 | .75 | .76 | .75 | .73 |     |     |     |     |     |     |     |     |   |
|  | $f_m$ .55 .60 .65   | 5.0                                | .84 | .82 | .79 | .83 | .81 | .78 | .82 | .79 | .77 | .78 | .77 | .75 |     |     |     |     |     |     |     |     |   |

$H_m$ : altura luminaria-plano de trabajo

Fuente: Czajkowskil (2016)

De la tabla podemos extraer el valor del factor de utilización para cada tramo.

Tramo 1:

$$\eta = 0.37$$

Tabla 14 Factor de Utilización de tramos o áreas

| Factor de Utilización |      |
|-----------------------|------|
| Tramo 1               | 0.37 |
| Tramo 2               | 0.37 |
| Tramo 3               | 0.37 |
| Tramo 4               | 0.37 |
| Tramo 5               | 0.37 |
| Tramo 6               | 0.37 |
| Tramo 7               | 0.37 |
| Tramo 8               | 0.37 |
| Tramo 9               | 0.37 |
| Tramo 10              | 0.37 |
| Tramo 11              | 0.37 |
| Tramo 12              | 0.37 |
| Tramo 13              | 0.37 |
| Tramo 14              | 0.37 |
| Tramo 15              | 0.37 |
| Tramo 16              | 0.37 |
| Tramo 17              | 0.37 |
| Tramo 18              | 0.37 |
| Tramo 19              | 0.64 |
| Tramo 20              | 0.37 |
| Tramo 21              | 0.7  |
| Tramo 22              | 0.37 |
| Tramo 23              | 0.7  |

Fuente: Elaboración propia

### 3.1.6. Factor de Mantenimiento

factor de mantenimiento del proyecto, debido a que es un ambiente con limpieza y se tienen un plan de mantenimiento de luminarias anual, se considerará 0.8 según tabla 4.

### 3.1.7. Flujo Luminoso

Para hallar el flujo luminoso debemos tener como dato la iluminancia media según RM N° 375-2008-TR NORMA BÁSICA DE ERGONOMÍA Y DE PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN DE RIESGO DISERGONÓMICO.

Ilustración 10 Tabla de Iluminancia media para almacenes

| TAREA VISUAL  | DEL PUESTO DE TRABAJO  | ÁREA DE TRABAJO (Lux) |
|---|--|-----------------------|
| En exteriores: distinguir el área de tránsito,  | Áreas generales exteriores: patios y Estacionamientos  | 20                    |
| En interiores: distinguir el área de tránsito, desplazarse caminando, vigilancia, movimiento de vehículos | Áreas generales interiores: almacenes de poco movimiento, pasillos, escaleras, estacionamientos cubiertos, labores en minas subterráneas, iluminación de emergencia. | 50                    |
| Requerimiento visual simple: inspección visual, recuento de piezas, trabajo en banco máquina              | Áreas de servicios al personal: almacenaje rudo, recepción y despacho, casetas de vigilancia, cuartos de compresores y calderos.                                     | 200                   |
| Distinción moderada de detalles:  |  |                       |

Fuente: RM N° 375-2008-TR Norma básica de ergonomía y de procedimiento de evaluación disergonómico.

Con el área por tramos el factor de utilización (hallado en el punto 3.1.5) y el factor de mantenimiento con valor de 0.8 (hallado en el punto 3.1.6).

$$\phi_T = \frac{E \cdot S}{\eta \cdot f}$$

Tramo 1:

$$\phi_T = \frac{200 \times (23.4 \times 4.37)}{0.37 \times 0.8}$$

$$\phi_T = 69093.24 \text{ lm}$$

Tabla 15 Flujo luminoso de tramos o áreas

| Flujo Luminoso |           |
|----------------|-----------|
| Tramo 1        | 69093.24  |
| Tramo 2        | 65527.03  |
| Tramo 3        | 43795.95  |
| Tramo 4        | 65527.03  |
| Tramo 5        | 60432.43  |
| Tramo 6        | 63243.24  |
| Tramo 7        | 63243.24  |
| Tramo 8        | 49277.03  |
| Tramo 9        | 73783.78  |
| Tramo 10       | 115945.95 |
| Tramo 11       | 107513.51 |
| Tramo 12       | 29944.12  |
| Tramo 13       | 60810.81  |
| Tramo 14       | 37837.84  |
| Tramo 15       | 60189.19  |
| Tramo 16       | 24324.32  |
| Tramo 17       | 24324.32  |
| Tramo 18       | 24324.32  |
| Tramo 19       | 190686.88 |
| Tramo 20       | 43759.46  |
| Tramo 21       | 273214.29 |
| Tramo 22       | 21608.11  |
| Tramo 23       | 363714.29 |

Fuente: Elaboración propia

### 3.1.8. Número de Luminarias

Con el flujo luminoso hallado en el punto anterior, procederemos a calcular el número de luminarias requeridas en todo el ambiente. Debemos considerar que la luminaria que se utilizar tiene 24000 lm por cada lámpara y tiene una lámpara led por cada luminaria.

$$N = \frac{\Phi_T}{\Phi_L \times n}$$

Tramo 1

$$N = \frac{69093.243 \text{ lm}}{24000 \text{ lm} \times 1}$$

$$N = 2.87 \approx 3$$

Tabla 16 Número de Luminarias para cada tramo

| Número de Luminarias |           |        |
|----------------------|-----------|--------|
| Tramo                | Luminaria | Aprox. |
| Tramo 1              | 2.88      | 3      |
| Tramo 2              | 2.73      | 3      |
| Tramo 3              | 1.82      | 2      |
| Tramo 4              | 2.73      | 3      |
| Tramo 5              | 2.52      | 3      |
| Tramo 6              | 2.64      | 3      |
| Tramo 7              | 2.64      | 3      |
| Tramo 8              | 2.05      | 2      |
| Tramo 9              | 3.07      | 3      |
| Tramo 10             | 4.83      | 5      |
| Tramo 11             | 4.48      | 5      |
| Tramo 12             | 1.25      | 2      |
| Tramo 13             | 2.53      | 3      |
| Tramo 14             | 1.58      | 2      |
| Tramo 15             | 2.51      | 3      |
| Tramo 16             | 1.01      | 1      |
| Tramo 17             | 1.01      | 1      |
| Tramo 18             | 1.01      | 1      |
| Tramo 19             | 7.95      | 8      |
| Tramo 20             | 1.82      | 2      |
| Tramo 21             | 11.38     | 12     |
| Tramo 22             | 0.90      | 1      |
| Tramo 23             | 15.15     | 15     |
| Total                |           | 86     |

Fuente: Elaboración Propia

De lo cual obtuvimos que necesitaremos 86 luminarias led para iluminar correctamente todo el proyecto.

### 3.1.9. Distribución de Luminarias

El siguiente cálculo nos dará la cantidad de luminarias que estarán en los tramos con más de una fila.

$$N_{ancho} = \sqrt{\frac{N \times ancho \text{ del local}}{largo \text{ del local}}}$$

$$N_{largo} = \frac{N_{ancho} \times largo \text{ el local}}{ancho \text{ del local}}$$

Elaboraremos el primer cálculo con el primer tramo

Tramo 1:

$$N_{ancho} = \sqrt{\frac{3 \times 4.37}{23.4}} = 0.52 \approx 1$$

$$N_{largo} = \frac{0.52 \times 23.4}{4.37} = 2.78 \approx 3$$

Lo cual se muestra en la tabla 17 para cada tramo.

Tabla 17 Distribución de Luminarias por largo y ancho de cada tramo o área.

| Luminarias por ancho y largo |           |                |       |
|------------------------------|-----------|----------------|-------|
| Tramo                        | Dimension | N de Luminaria | Aprox |
| Tramo 1                      | N ancho   | 0.52           | 1     |
|                              | N largo   | 2.78           | 3     |
| Tramo 2                      | N ancho   | 0.44           | 1     |
|                              | N largo   | 3.08           | 3     |
| Tramo 3                      | N ancho   | 0.33           | 1     |
|                              | N largo   | 2.78           | 2     |
| Tramo 4                      | N ancho   | 0.44           | 1     |
|                              | N largo   | 3.08           | 3     |
| Tramo 5                      | N ancho   | 0.24           | 1     |
|                              | N largo   | 3.25           | 3     |
| Tramo 6                      | N ancho   | 0.24           | 1     |
|                              | N largo   | 3.25           | 3     |
| Tramo 7                      | N ancho   | 0.24           | 1     |
|                              | N largo   | 3.25           | 3     |
| Tramo 8                      | N ancho   | 0.52           | 1     |
|                              | N largo   | 2.27           | 2     |
| Tramo 9                      | N ancho   | 0.53           | 1     |
|                              | N largo   | 3.13           | 3     |
| Tramo 10                     | N ancho   | 0.52           | 1     |
|                              | N largo   | 4.63           | 5     |
| Tramo 11                     | N ancho   | 0.43           | 1     |
|                              | N largo   | 5.24           | 5     |
| Tramo 12                     | N ancho   | 2.64           | 2     |
|                              | N largo   | 0.24           | 1     |
| Tramo 13                     | N ancho   | 0.53           | 1     |
|                              | N largo   | 2.37           | 3     |
| Tramo 14                     | N ancho   | 0.33           | 1     |
|                              | N largo   | 2.37           | 2     |
| Tramo 15                     | N ancho   | 2.64           | 3     |
|                              | N largo   | 0.47           | 1     |
| Tramo 16                     | N ancho   | 1.28           | 1     |
|                              | N largo   | 0.78           | 1     |
| Tramo 17                     | N ancho   | 1.28           | 1     |
|                              | N largo   | 0.78           | 1     |
| Tramo 18                     | N ancho   | 1.28           | 1     |
|                              | N largo   | 0.78           | 1     |
| Tramo 19                     | N ancho   | 3.51           | 4     |
|                              | N largo   | 1.98           | 2     |
| Tramo 20                     | N ancho   | 1.43           | 1     |
|                              | N largo   | 0.50           | 1     |
| Tramo 21                     | N ancho   | 4.31           | 4     |
|                              | N largo   | 3.32           | 3     |
| Tramo 22                     | N ancho   | 1.46           | 1     |
|                              | N largo   | 0.31           | 1     |
| Tramo 23                     | N ancho   | 5.46           | 5     |
|                              | N largo   | 2.56           | 3     |

Fuente: Elaboración propia

Debido a que el almacén cuenta con una altura de 12m, hallaremos la distancia máxima entre luminarias acorde con la tabla 6.

| Tipo de luminaria                | Altura del local | Distancia máxima entre luminarias |
|----------------------------------|------------------|-----------------------------------|
| Intensiva                        | > 10 m           | $e \leq 1.2 h$                    |
| Extensiva                        | 6 - 10 m         | $e \leq 1.5 h$                    |
| Semiextensiva                    | 4 - 6 m          |                                   |
| Extensiva                        | $\leq 4$ m       | $e \leq 1.6 h$                    |
| Distancia pared-luminaria: $e/2$ |                  |                                   |
|                                  |                  |                                   |

Por lo mismo, se concluye que la distancia entre luminarias máxima es de  $1.2 \times (8.64 \text{ m})$  que equivaldría a 10.368 m como valor máximo, entre cada luminaria y una distancia con la pared de 5.184 m, que, con los datos, se harán los planos para la distribución y los cableados, acorde con los siguientes puntos de la Etapa.

Quedando como se denota en la ilustración 11.



Ilustración 12 Registro fotográfico de vistas panorámicas de almacén FURSYS



Fuente: Elaboración Propia

### 3.1.10. Iluminancia Media

Usaremos la iluminancia media para comprobar que nuestro resultado está en los parámetros, tal como se explica en el punto 2.1.2, iluminancia media.

$$E_m = \frac{N \times n \times \Phi_L \times \eta \times f_m}{S}$$

Tabla 18 Iluminancia media por cada tramo o área

| Iluminancia media |        |
|-------------------|--------|
| Tramo 1           | 208.41 |
| Tramo 2           | 219.76 |
| Tramo 3           | 219.20 |
| Tramo 4           | 219.76 |
| Tramo 5           | 238.28 |
| Tramo 6           | 227.69 |
| Tramo 7           | 227.69 |
| Tramo 8           | 194.82 |
| Tramo 9           | 195.16 |
| Tramo 10          | 206.99 |
| Tramo 11          | 223.23 |
| Tramo 12          | 320.60 |
| Tramo 13          | 236.80 |
| Tramo 14          | 253.71 |
| Tramo 15          | 239.25 |
| Tramo 16          | 197.33 |
| Tramo 17          | 197.33 |
| Tramo 18          | 197.33 |
| Tramo 19          | 201.38 |
| Tramo 20          | 219.38 |
| Tramo 21          | 210.82 |
| Tramo 22          | 222.14 |
| Tramo 23          | 211.15 |

Fuente: Elaboración Propia

Con lo cual se comprueba que la cantidad de iluminancia que se requiere cumple la Norma Básica de Ergonomía y de Procedimiento de Evaluación de Riesgo Disergonómico.

### 3.2. EVALUACIÓN TÉCNICA – ECONÓMICA

El actual trabajo presenta una investigación descriptiva del tipo aplicada, debido a que es la optimización de un sistema actual con datos reales, al cual le aplicaremos métodos y tecnología existente. Además, es el estudio de un caso particular en el cuál se aplica el conocimiento preexistente para una aplicación en un almacén, por lo mismo el proceso es de tipo inductivo; a su vez, las variables son cuantitativas debido a que podemos medirla y revisar parámetros en normas.

El costo total del Proyecto es de 26,751.62 soles (Incl. IGV) el cual se detalla en la tabla 19.

Tabla 19 Cuadro de costos por actividad

| PARTIDA 1        |      | MONTAJE DE LUMINARIAS |  |
|------------------|------|-----------------------|--|
| ITEM             | CANT | UND.                  | DESCRIPCION  |
| 1                | 86   | Pto                   | Montaje de luminarias  |
| 4                | 86   | Und                   | Andamios<br>Luminarias Phillip High Bay HBX - 24000 lm / 212 W |
|                  | 1    | Glb                   | <b>INCLUYE</b><br>Conductor 1(3x2.5mm2) Tipo BIPLASTOFLEX      |
|                  | 1    | Glb                   | Consumibles  |
|                  |      |                       | <b>S/. 22,670.87</b>   |
| <b>SUB TOTAL</b> |      |                       | <b>S/. 22,670.87</b>   |
| <b>IGV (18%)</b> |      |                       | <b>S/. 4,080.76</b>  |
| <b>GLOBAL</b>    |      |                       | <b>S/. 26,751.62</b>   |

Fuente: Elaboración propia

### 3.3. ANÁLISIS DE RESULTADOS

De los resultados podemos visualizar que el cambio a la luminaria led no sólo está dando un resultado positivo en el impacto ambiental, por la larga vida útil de las mismas, sino que genera un ahorro sustancial de consumo eléctrico y, por lo tanto, económico. A su vez, se cumple con todos los parámetros solicitados por Ley y Normativa tanto nacionales como internacionales.

Para el cálculo del ahorro energético, tomaremos como referencia el consumo en un mes actual posible, para el cuál conoceremos la tarifa eléctrica del almacén (BT3), y simularemos con el pliego tarifaria dado por OSINERGMIN.

Tabla 20 Pliego tarifaria para BT3 según OSINERGMIN

| TARIFA BT3: TARIFA CON DOBLE MEDICIÓN DE ENERGÍA ACTIVA Y CONTRATACIÓN O MEDICIÓN DE UNA POTENCIA 2E1P |  |                |       |
|--|--|----------------|-------|
| Cargo Fijo Mensual   |  | S./mes         | 5.20  |
| Cargo por Energía Activa en Punta  |  | ctm. S./kW.h   | 31.30 |
| Cargo por Energía Activa Fuera de Punta  |  | ctm. S./kW.h   | 26.36 |
| Cargo por Potencia Activa de generación para Usuarios:   |  |                |       |
| Presentes en Punta   |  | S./kW-mes      | 58.08 |
| Presentes Fuera de Punta   |  | S./kW-mes      | 38.39 |
| Cargo por Potencia Activa de redes de distribución para Usuarios:                                      |  |                |       |
| Presentes en Punta   |  | S./kW-mes      | 46.39 |
| Presentes Fuera de Punta   |  | S./kW-mes      | 42.62 |
| Cargo por Energía Reactiva que exceda el 30% del total de la Energía Activa                            |  | ctm. S./kVar.h | 5.27  |

Fuente: OSINERGMIN

Por lo mismo, con la cantidad, consumo eléctrico de las luminarias iniciales, las horas que estarán en uso y el precio de la electricidad, concluiremos el gasto que se está generando en la empresa por las luminarias antiguas (Tabla 21) y haremos igualmente con el consumo de las luminarias LED (Tabla 22).

Tabla 21 Cuadro de consumo energético y gasto con luminaria fluorescente.

| ILUMINACIÓN CONVENCIONAL |                                  |                     |     |                     |                    |                  |                     |        |                     |
|--------------------------|----------------------------------|---------------------|-----|---------------------|--------------------|------------------|---------------------|--------|---------------------|
| Área                     | LUMINARIA CONVENCIONAL           | POTENCIA UNIDAD (W) | UND | POTENCIAL TOTAL (W) | DIAS USO SEMANALES | HORAS USO DIARIO | CONSUMO MENSUAL KWH | TARIFA | CONSUMO ANUAL SOLES |
| Tramo 1                  | Luminaria de Fluorescente Blanco | 72                  | 12  | 864                 | 7                  | 12               | 290.30              | 0.2636 | 76.52               |
| Tramo 2                  | Luminaria de Fluorescente Blanco | 72                  | 11  | 792                 | 7                  | 12               | 266.11              | 0.2636 | 70.15               |
| Tramo 3                  | Luminaria de Fluorescente Blanco | 72                  | 7   | 504                 | 7                  | 12               | 169.34              | 0.2636 | 44.64               |
| Tramo 4                  | Luminaria de Fluorescente Blanco | 72                  | 11  | 792                 | 7                  | 12               | 266.11              | 0.2636 | 70.15               |
| Tramo 5                  | Luminaria de Fluorescente Blanco | 72                  | 10  | 720                 | 7                  | 12               | 241.92              | 0.2636 | 63.77               |
| Tramo 6                  | Luminaria de Fluorescente Blanco | 72                  | 10  | 720                 | 7                  | 12               | 241.92              | 0.2636 | 63.77               |
| Tramo 7                  | Luminaria de Fluorescente Blanco | 72                  | 10  | 720                 | 7                  | 12               | 241.92              | 0.2636 | 63.77               |
| Tramo 8                  | Luminaria de Fluorescente Blanco | 72                  | 8   | 576                 | 7                  | 12               | 193.54              | 0.2636 | 51.02               |
| Tramo 9                  | Luminaria de Fluorescente Blanco | 72                  | 12  | 864                 | 7                  | 12               | 290.30              | 0.2636 | 76.52               |
| Tramo 10                 | Luminaria de Fluorescente Blanco | 72                  | 19  | 1368                | 7                  | 12               | 459.65              | 0.2636 | 121.16              |
| Tramo 11                 | Luminaria de Fluorescente Blanco | 72                  | 18  | 1296                | 7                  | 12               | 435.46              | 0.2636 | 114.79              |
| Tramo 12                 | Luminaria de Fluorescente Blanco | 72                  | 5   | 360                 | 7                  | 12               | 120.96              | 0.2636 | 31.89               |
| Tramo 13                 | Luminaria de Fluorescente Blanco | 72                  | 10  | 720                 | 7                  | 12               | 241.92              | 0.2636 | 63.77               |
| Tramo 14                 | Luminaria de Fluorescente Blanco | 72                  | 6   | 432                 | 7                  | 12               | 145.15              | 0.2636 | 38.26               |
| Tramo 15                 | Luminaria de Fluorescente Blanco | 72                  | 10  | 720                 | 7                  | 12               | 241.92              | 0.2636 | 63.77               |
| Tramo 16                 | Luminaria de Fluorescente Blanco | 72                  | 4   | 288                 | 7                  | 12               | 96.77               | 0.2636 | 25.51               |
| Tramo 17                 | Luminaria de Fluorescente Blanco | 72                  | 4   | 288                 | 7                  | 12               | 96.77               | 0.2636 | 25.51               |
| Tramo 18                 | Luminaria de Fluorescente Blanco | 72                  | 4   | 288                 | 7                  | 12               | 96.77               | 0.2636 | 25.51               |
| Tramo 19                 | Luminaria de Fluorescente Blanco | 72                  | 31  | 2232                | 7                  | 12               | 749.95              | 0.2636 | 197.69              |
| Tramo 20                 | Luminaria de Fluorescente Blanco | 72                  | 7   | 504                 | 7                  | 12               | 169.34              | 0.2636 | 44.64               |
| Tramo 21                 | Luminaria de Fluorescente Blanco | 72                  | 44  | 3168                | 7                  | 12               | 1064.45             | 0.2636 | 280.59              |
| Tramo 22                 | Luminaria de Fluorescente Blanco | 72                  | 4   | 288                 | 7                  | 12               | 96.77               | 0.2636 | 25.51               |
| Tramo 23                 | Luminaria de Fluorescente Blanco | 72                  | 59  | 4248                | 7                  | 12               | 1427.33             | 0.2636 | 376.24              |
| TOTALES                  |                                  |                     |     |                     |                    |                  | 7644.672            |        | 2015.135539         |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 22 Cuadro de consumo energético y gasto con luminaria led.

| LUMINARIA LED |                     |     |                     |                    |                  |                     |        |                     |
|---------------|---------------------|-----|---------------------|--------------------|------------------|---------------------|--------|---------------------|
| LUMINARIA LED | POTENCIA UNIDAD (W) | UND | POTENCIAL TOTAL (W) | DIAS USO SEMANALES | HORAS USO DIARIO | CONSUMO MENSUAL KWH | TARIFA | CONSUMO ANUAL SOLES |
| Highbays HBX  | 212                 | 3   | 636                 | 7                  | 12               | 213.70              | 0.2636 | 56.33               |
| Highbays HBX  | 212                 | 3   | 636                 | 7                  | 12               | 213.70              | 0.2636 | 56.33               |
| Highbays HBX  | 212                 | 2   | 424                 | 7                  | 12               | 142.46              | 0.2636 | 37.55               |
| Highbays HBX  | 212                 | 3   | 636                 | 7                  | 12               | 213.70              | 0.2636 | 56.33               |
| Highbays HBX  | 212                 | 3   | 636                 | 7                  | 12               | 213.70              | 0.2636 | 56.33               |
| Highbays HBX  | 212                 | 3   | 636                 | 7                  | 12               | 213.70              | 0.2636 | 56.33               |
| Highbays HBX  | 212                 | 3   | 636                 | 7                  | 12               | 213.70              | 0.2636 | 56.33               |
| Highbays HBX  | 212                 | 2   | 424                 | 7                  | 12               | 142.46              | 0.2636 | 37.55               |
| Highbays HBX  | 212                 | 3   | 636                 | 7                  | 12               | 213.70              | 0.2636 | 56.33               |
| Highbays HBX  | 212                 | 5   | 1060                | 7                  | 12               | 356.16              | 0.2636 | 93.88               |
| Highbays HBX  | 212                 | 5   | 1060                | 7                  | 12               | 356.16              | 0.2636 | 93.88               |
| Highbays HBX  | 212                 | 2   | 424                 | 7                  | 12               | 142.46              | 0.2636 | 37.55               |
| Highbays HBX  | 212                 | 3   | 636                 | 7                  | 12               | 213.70              | 0.2636 | 56.33               |
| Highbays HBX  | 212                 | 2   | 424                 | 7                  | 12               | 142.46              | 0.2636 | 37.55               |
| Highbays HBX  | 212                 | 3   | 636                 | 7                  | 12               | 213.70              | 0.2636 | 56.33               |
| Highbays HBX  | 212                 | 1   | 212                 | 7                  | 12               | 71.23               | 0.2636 | 18.78               |
| Highbays HBX  | 212                 | 1   | 212                 | 7                  | 12               | 71.23               | 0.2636 | 18.78               |
| Highbays HBX  | 212                 | 1   | 212                 | 7                  | 12               | 71.23               | 0.2636 | 18.78               |
| Highbays HBX  | 212                 | 8   | 1696                | 7                  | 12               | 569.86              | 0.2636 | 150.21              |
| Highbays HBX  | 212                 | 2   | 424                 | 7                  | 12               | 142.46              | 0.2636 | 37.55               |
| Highbays HBX  | 212                 | 12  | 2544                | 7                  | 12               | 854.78              | 0.2636 | 225.32              |
| Highbays HBX  | 212                 | 1   | 212                 | 7                  | 12               | 71.23               | 0.2636 | 18.78               |
| Highbays HBX  | 212                 | 15  | 3180                | 7                  | 12               | 1068.48             | 0.2636 | 281.65              |
| TOTALES       |                     |     |                     |                    |                  | 6125.952            |        | 1614.800947         |

Fuente: Elaboración propia

De lo cual se concluye que hay un ahorro de 400.3 soles mensual.

Para comprobar la viabilidad del proyecto es necesario hacer un análisis de la recuperación de la inversión a pedido del cliente.

$$PRI = \frac{26751.62}{400.3} = 66 \text{ meses} \leftrightarrow 5 \text{ años y } 6 \text{ meses.}$$

Contando que la vida útil de la luminaria será de aproximada 10 años, tendrá un ahorro total de 4 años y 6 meses, que multiplicados 400.3 soles de ahorro será 21,618.2 soles aproximadamente, en caso el costo eléctrico no tenga un incremento sustancial.

## **IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES**

### **4.1. DISCUSIÓN**

- La optimización de luminarias convencionales a LED es un proceso del cuál muchas empresas ya están intentando poner de proyecto, tanto por las nuevas regulaciones medioambientales como por el ahorro económico que produce el usarla. Siendo necesario el correcto análisis y cálculo de los datos para sacar un aprovechamiento mayor con el mínimo error o pérdida.
- El mayor obstáculo que se genera al tomar en cuenta es el área o áreas que realizarán, si bien en un almacén sin anaqueles y con objetos se analizaría el área como un plano en conjunto, en este caso tuvimos que contar con las divisiones generadas por los anaqueles y tomar en consideración la cantidad de lux que debe haber para cada “pasillo” y que estos cumplan con la norma.
- Considerar el color de las paredes, techo y suelo, y la cantidad de objetos que puedan encontrarse pueden afectar el resultado, ya que, al ser punto importante para hallar el factor de utilización, afectan directamente el flujo luminoso que se produce sobre un área, por ello es importante tomar en cuenta las áreas.
- Se realizó un análisis tratando de reducir la cantidad de luminarias para reducir un costo adicional de mantenimiento, a pedido del cliente, por lo cual se consideró aumentar los lúmenes de las luminarias para que podamos reducir la cantidad pero que pueda cumplir con tener 200 lux.
- Uno de los puntos más críticos es la ubicación de las luminarias en cada área o tramo que analizamos, debido que esto también afectará a los demás tramos o áreas, por lo mismo he de considerarse, al realizar el plano, la ubicación correcta.

- Finalmente, aunque el análisis de ahorro no es en base a cálculos exactos debido a que el cliente solicitó sólo un retorno simple con un precio base de los últimos meses, se ejecutó de esa manera para reflejar el ahorro, pero el monto varía dependiendo del aumento o disminución del coste de la electricidad.

#### **4.2. CONCLUSIÓN**

- Se logró optimizar el sistema de iluminación en el almacén de equipos electrónicos de la Empresa Fursys S.A.C., no sólo teniendo un impacto positivo en el medio ambiente, sino generando un ahorro tanto en el mantenimiento de luminarias, al disminuir la cantidad de ellas, como en el consumo de energía provocando un ahorro económico.
- Conseguimos obtener los distintos valores del índice de local, debido a que analizar la composición del local, se encontró que había distribuciones de anaqueles donde se almacena, los cuales forman divisiones de áreas y pasillos en los cuáles se dará el trabajo.
- Se obtuvo el flujo luminoso de cada área del almacén dependiendo de sus dimensiones para mantener en el rango permitido, la iluminancia media solicitada por la Norma Básica de Ergonomía y de Procedimiento de Evaluación de Riesgo Disergonómico.
- Se definió la correcta distribución de las luminarias en el almacén conforme a los cálculos realizados para cada área.
- Se concluyó que el ahorro energético será de 1518.72 Kw-m, con un ahorro de 400.3 soles por mes y el tiempo de retorno de inversión será 2 años y 2 meses quedando así 7 años y 10 meses de vida útil para un ahorro de 37,628.2 soles.

## V. RECOMENDACIONES

- Al Realizar el análisis es importante partir por la identificación de las áreas o tramos de las áreas de trabajo manual o donde se realizan los trabajos para que cumplan la normativa EM.010 y la Norma Básica de Ergonomía y de Procedimiento de Evaluación de Riesgo Disergonómico.
- Debe considerarse los colores y tonalidades para el correcto factor de reflexión, de manera que no pueda generar accidentes laborales por exceso de iluminación o enfermedades laborales.
- Al realizar el análisis de ahorro energético y retorno de inversión, es apropiado considerar una variación más amplia de los precios, sin embargo, este análisis fue hecho a pedido del cliente.
- Es importante que antes de hacer las compras, los planos y presupuestos es aprobado por el cliente, de manera que no haya modificaciones posteriores, de otra manera, se tendría que revisar todo le planteamiento, presupuesto, planos y cálculos para concretar el proyecto, retrasando su ejecución.

## VI. BIBLIOGRAFÍA

- RODRÍGUEZ GALBARRO, H. (2017). *Diseño eficiente de la iluminación interior de los edificios*. Obtenido de <https://ingemecanica.com/index.html>
- BERNAL ROSSO, F. (2019). *Control de la iluminación*. Ediciones Paraninfo, SA.
- CABELLO RIVERO, M. (2019). *instalaciones eléctricas interiores*. Editorial Editex, S.A.
- DELOJO MORCILLO, G. (2011). *Inspección Visual. Niveles II y III, el arte de ver y la ciencia de mirar*. Fundación CONFEMETAL.
- ENRÍQUEZ HARPER, G. (2004). *GUÍA PRACTICA PARA EL CÁLCULO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS*. Editorial LIMUSA S.A.
- Escuela Colombiana de ingeniería "Julio Garavito". (2008). *Iluminación. Protocolo, Laboratorio de condiciones de trabajo*. Escuela Colombiana de ingeniería "Julio Garavito".
- GARCÍA MÁRQUEZ ROBLEDILLO, V., GONZÁLEZ JIMÉNEZ, J., & GONZÁLEZ PEREZ, J. (2014). *Eficiencia energética en las instalaciones de iluminación interior y alumbrado exterior*. ENAC0108. Ic Editorial.
- GONZÁLEZ MAESTRE, D. (2007). *Ergonomía y psicología*. Fundaición CONFEMETAL.
- HENAO ROBLEDO, F. (2014). *Riesgos Físicos II Iluminación*. Ecoe Ediciones Ltda.
- LIÑAN ROMERO, Á. (2015). *UF1442- realización de las intervenciones necesarias para el montaje de las instalaciones eléctricas en el entorno de edificios y con fines especiales*. Editorial Elearning S.L.

- MOLINA MARTINEZ, J. M., CÁNOVAS RODRÍGUEZ, F. J., & RUZ VILA, F. A. (2012). *Corriente Alterna Monofásica y Trifásica, Fundamentos de electrotecnia para ingenieros*. Barcelona: MARCOMBO S.A.
- UNE-EN 12464-1. (2003). *Iluminación de los lugares de trabajo. Parte 1: Lugares de trabajo en interiores*. ESPAÑA: AENOR.
- VELAYOS MORALES, V. (15 de Agosto de 2014). *Economipedia*. Obtenido de <https://economipedia.com/definiciones/payback.html>
- VILLAZÓN GODOY, R. (2004). *Eficiencia lumínica en arquitectura*. Universidad de los Andes, Departamento de Arquitectura.

# **ANEXOS**

**ANEXO 1: EM 0.10 instalaciones eléctricas interiores del reglamento  
nacional de edificaciones**



PERÚ

Ministerio  
de Vivienda, Construcción  
y Saneamiento

**RESOLUCIÓN MINISTERIAL  
N° 083-2019-VIVIENDA**

**NORMA TÉCNICA EM.010  
INSTALACIONES ELÉCTRICAS  
INTERIORES DEL REGLAMENTO  
NACIONAL DE EDIFICACIONES**

**NORMAS LEGALES**

**SEPARATA ESPECIAL**



**RESOLUCIÓN MINISTERIAL  
N° 083-2019-VIVIENDA**

Lima, 11 de marzo de 2019

**VISTOS**, el Memorándum N° 199-2019-VIVIENDA/VMCS-DGPRCS de la Dirección General de Políticas y Regulación en Construcción y Saneamiento; el Informe N° 239-2019-VIVIENDA/VMCS-DGPRCS-DC de la Dirección de Construcción; el Informe N° 005-2018-CPARNE de la Comisión Permanente de Actualización del Reglamento Nacional de Edificaciones; y,

**CONSIDERANDO:**

Que, el artículo 6 de la Ley N° 30156, Ley de Organización y Funciones del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento - MVCS, establece que este Ministerio es el órgano rector de las políticas nacionales y sectoriales dentro de su ámbito de competencia, que son de obligatorio cumplimiento por los tres niveles de gobierno en el marco del proceso de descentralización, y en todo el territorio nacional y tiene entre otras competencias exclusivas el dictar normas y lineamientos técnicos para la adecuada ejecución de las políticas nacionales y sectoriales;

Que, el numeral 1 del artículo 9 de la citada Ley establece entre las funciones exclusivas del MVCS, desarrollar y aprobar tecnologías, metodologías o mecanismos que sean necesarios para el cumplimiento de las políticas nacionales y sectoriales, en el ámbito de su competencia;

Que, el literal d) del artículo 82 del Reglamento de Organización y Funciones del MVCS, aprobado por Decreto Supremo N° 010-2014-VIVIENDA y su modificatoria aprobada por Decreto Supremo N° 006-2015-VIVIENDA, establece que la Dirección General de Políticas y Regulación en Construcción y Saneamiento, tiene entre sus funciones proponer actualizaciones del Reglamento Nacional de Edificaciones - RNE, en coordinación con los sectores que se vinculen, en el marco de los Comités Técnicos de Normalización, según la normatividad vigente;

Que, mediante Decreto Supremo N° 015-2004-VIVIENDA se aprueba el Índice del RNE, aplicable a las Habilitaciones Urbanas y a las Edificaciones que se ejecuten a nivel nacional, estableciéndose en los artículos 1 y 3 de la citada norma, que el MVCS aprueba, mediante Resolución Ministerial, las normas técnicas y sus modificaciones de acuerdo al mencionado índice;

Que, mediante Decreto Supremo N° 011-2006-VIVIENDA se aprueban 66 Normas Técnicas del Reglamento Nacional de Edificaciones, entre las que se encuentra la Norma Técnica EM.010 "Instalaciones eléctricas interiores", y se crea la Comisión Permanente de Actualización del Reglamento Nacional de Edificaciones - CPARNE, encargada de analizar y formular las propuestas para la actualización de las Normas Técnicas del RNE;

Que, con el Informe N° 005-2018-CPARNE del 7 de setiembre de 2018, el Presidente de la Comisión Permanente de Actualización del Reglamento Nacional de Edificaciones, eleva la propuesta de modificación de la Norma Técnica EM.010 "Instalaciones eléctricas interiores", contenida en el numeral III.4 Instalaciones eléctricas y mecánicas, del Título III Edificaciones del RNE, aprobada por Decreto Supremo N° 011-2006-VIVIENDA, la misma que ha sido materia de evaluación y aprobación por la mencionada Comisión conforme al Acta de aprobación de la Sexagésima Octava Sesión de fecha 18 de julio de 2018, que forma parte del expediente correspondiente;

Que, mediante Resolución Ministerial N° 378-2018-VIVIENDA, publicada el 9 de noviembre de 2018, se dispone la publicación del proyecto de la Norma Técnica EM.010 "Instalaciones eléctricas interiores" del RNE, a efectos de recibir las sugerencias y comentarios de las entidades públicas, privadas y de la ciudadanía en general, dentro del plazo de diez (10) días hábiles y que, transcurrido dicho plazo, no se presentaron sugerencias o comentarios sobre la propuesta normativa;

Que, conforme al Memorándum N° 199-2019-VIVIENDA/VMCS-DGPRCS del 20 de febrero de 2019, sustentado en el Informe N° 239-2019-VIVIENDA/VMCS-DGPRCS-DC, la Dirección General de Políticas y Regulación en Construcción y Saneamiento del MVCS, fundamenta la modificación o actualización de la Norma Técnica EM.010 "Instalaciones eléctricas interiores", contenida en el numeral III.4 Instalaciones eléctricas y mecánicas, del Título III Edificaciones del RNE, aprobado por Decreto Supremo N° 011-2006-VIVIENDA, con la finalidad de desarrollar con mayor precisión las condiciones de seguridad eléctrica de los distintos tipos de edificaciones en caso de corte de fluido eléctrico por emergencia, mejorar los estándares de iluminación y desarrollar con mayor detalle el contenido mínimo del proyecto técnico;

Que, resulta necesario aprobar la modificación de la Norma Técnica, a que se refiere el considerado que antecede, conforme a lo opinado por la Comisión Permanente de Actualización del Reglamento Nacional de Edificaciones y la Dirección de Construcción de la Dirección General de Política y Regulación en Construcción y Saneamiento;

De conformidad con lo dispuesto en el literal b) del artículo 23 de la Ley N° 29158, Ley Orgánica del Poder Ejecutivo; Ley N° 30156, Ley de Organización y Funciones del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento; su Reglamento de Organización y Funciones, aprobado por Decreto Supremo N° 010-2014-VIVIENDA, modificado por Decreto Supremo N° 006-2015-VIVIENDA; y, el Decreto Supremo N° 015-2004-VIVIENDA que aprueba el Índice del Reglamento Nacional de Edificaciones;

**SE RESUELVE:****Artículo 1.- Modificación de la Norma Técnica EM.010 "Instalaciones eléctricas interiores" del Reglamento Nacional de Edificaciones**

Modifícase la Norma Técnica EM.010 "Instalaciones eléctricas interiores" del numeral III.4 Instalaciones eléctricas y mecánicas, del Título III Edificaciones del Reglamento Nacional de Edificaciones - RNE, aprobado por Decreto Supremo N° 011-2006-VIVIENDA, que forma parte integrante de la presente Resolución Ministerial.

**Artículo 2.- Publicación y Difusión**

Encárguese a la Oficina General de Estadística e Informática la publicación de la presente Resolución Ministerial y de la Norma Técnica a que se refiere el artículo precedente, en el Portal Institucional del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento ([www.vivienda.gob.pe](http://www.vivienda.gob.pe)), el mismo día de su publicación en el Diario

Oficial El Peruano.

## DISPOSICIÓN COMPLEMENTARIA TRANSITORIA

**Única.- Normativa aplicable a proyectos de inversión en ejecución**

La Norma Técnica modificada por la presente Resolución Ministerial, no es de aplicación a los proyectos de inversión pública o privada que, a la fecha de su vigencia, cuenten con expediente técnico aprobado en el marco del Sistema Nacional de Programación Multianual y Gestión de Inversiones - Invierte.pe, o cuenten con una solicitud de licencia de edificación en trámite ante la municipalidad respectiva, siendo de aplicación a estos las disposiciones de la Norma Técnica EM.010 "Instalaciones eléctricas interiores" del Reglamento Nacional de Edificaciones, aprobado por Decreto Supremo N° 011-2006-VIVIENDA.

Regístrese, comuníquese y publíquese.

JAVIER PIQUÉ DEL POZO  
Ministro de Vivienda, Construcción y Saneamiento

**NORMA TÉCNICA EM.010  
INSTALACIONES ELÉCTRICAS INTERIORES  
DEL REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES**

## ÍNDICE

**Capítulo I DISPOSICIONES GENERALES****Artículo 1. - Objeto****Artículo 2.- Finalidad****Artículo 3.- Ámbito de aplicación****Artículo 4. - Componentes de las instalaciones eléctricas interiores****Artículo 5. - Definiciones****Capítulo II LINEAMIENTOS TÉCNICOS PARA EL DISEÑO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS INTERIORES EN EDIFICACIONES****Artículo 6. - Requisitos de iluminación****Artículo 7. - Evaluación de la demanda****Artículo 8. - Documentación técnica de un proyecto de instalación eléctrica****Artículo 9. - Construcción por etapas****Artículo 10. - Instalaciones eléctricas provisionales****Artículo 11. - Suministro de energía eléctrica de emergencia****Anexo REQUISITOS MÍNIMOS DE ILUMINACIÓN****Capítulo I****DISPOSICIONES GENERALES****Artículo 1.- Objeto**

Establecer los lineamientos técnicos mínimos que se deben considerar para el diseño y construcción de las instalaciones eléctricas interiores.

**Artículo 2.- Finalidad**

Proveer de niveles adecuados de seguridad eléctrica en las edificaciones que garanticen la salud de las personas y el suministro continuo de energía eléctrica.

**Artículo 3.- Ámbito de aplicación**

3.1. Las disposiciones de esta Norma Técnica son de aplicación obligatoria a toda instalación eléctrica en los distintos tipos de edificaciones incluidos en el presente Reglamento.

3.2. Debe cumplirse, tanto en edificaciones nuevas, ampliaciones, remodelaciones, refacciones, acondicionamientos, puesta en valor histórico monumental, y en general, cualquier proyecto que modifica o requiere una instalación eléctrica segura, así como en toda edificación, independientemente de la antigüedad de su construcción, según lo disponga la Autoridad, debido a las condiciones de riesgo que se identifiquen.

3.3. Las instalaciones eléctricas en edificaciones están reguladas por el Código Nacional de Electricidad - Utilización y corresponden a las instalaciones que se efectúan a partir de la acometida o punto de entrega hasta los puntos de utilización.

3.4. Siendo la presente Norma Técnica de alcance para todo el territorio nacional, el proyectista considera el contexto operacional o condiciones especiales donde se construye la edificación para incorporar en el proyecto las consideraciones que garanticen la seguridad de sus ocupantes.

3.5. En todo lo no indicado de manera expresa en la presente norma, los estándares deben basarse, en primer orden, en una norma técnica peruana y reglamentos técnicos emitidos por las autoridades competentes. En caso de no existir, se deben aplicar supletoriamente las normas en el orden siguiente: las normas IEC o ISO en su edición más reciente y normas de instituciones reconocidas a nivel internacional.

**Artículo 4.- Componentes de las instalaciones eléctricas interiores**

Las instalaciones eléctricas interiores comprenden: acometida o punto de entrega, alimentadores, tableros, circuitos derivados, sistemas de protección y control, sistemas de medición y registro, sistema de puesta a tierra y otros definidos por el Projectista.

**Artículo 5.- Definiciones**

Para los fines de la presente Norma Técnica, se aplican los términos incluidos en el Código Nacional de Electricidad - Utilización, además de las siguientes definiciones o siglas:

**5.1. Autoridad.-** Cualquier ente rector, normativo, de supervisión o fiscalización relacionado con las instalaciones eléctricas de edificaciones, seguridad en general o de prevención de riesgos.

**5.2. CIE (Commission Internationale de l'Éclairage).-** (Comisión Internacional de Iluminación)

**5.3. Conexión.-** Conjunto de componentes e instalaciones que están comprendidos desde el punto de entrega (punto de suministro) hasta los bornes de salida del contador de energía.

**5.4. Deslumbramiento.-** Condición de visión en la que hay incomodidad o reducción en la aptitud para distinguir detalles u objetos, debido a una distribución o rango de luminancia inadecuado, o a contrastes extremos.

**5.5. EDE (Empresa de Distribución Eléctrica).-** Titular de una concesión de distribución eléctrica y que tiene la responsabilidad de fijar el punto de diseño y el punto de entrega.

**5.6. Edificación.-** Construcción preexistente o resultado de construir una obra cuyo destino es albergar al hombre y/o animales, incluyendo las instalaciones fijas y complementarias adscritas a ella.

**5.7. Em.-** Iluminancia mantenida (unidad: lx). Valor por debajo del cual no debe descender la iluminación media en la superficie especificada. Es la iluminancia media en el período en el que debe realizarse el mantenimiento.

**5.8. Factor de mantenimiento.-** Cociente entre la iluminancia media sobre el plano de trabajo después de un cierto período de uso de una instalación de alumbrado y la iluminancia media obtenida bajo las mismas condiciones para la instalación. El factor de mantenimiento de una instalación es la relación entre la iluminancia mantenida y la iluminancia inicial.

Las pérdidas de luz tienen en cuenta la acumulación de suciedad sobre la luminaria y las superficies de la habitación y la depreciación de la lámpara.

**5.9. IEC (International Electrotechnical Commission).-** Comisión Electrotécnica Internacional. Organización de normalización en los campos: eléctrico, electrónico y tecnologías relacionadas. Está integrada por los organismos nacionales de normalización, en las áreas antes indicadas.

**5.10. ISO (International Organization for Standardization).-** Organización Internacional de Normalización. Organización para la creación de estándares internacionales compuesta por diversas organizaciones de estandarización.

**5.11. NTP.-** Norma Técnica Peruana, elaborada por los Comités Técnicos de Normalización del Instituto Nacional de la Calidad.

**5.12. Proyecto de instalación eléctrica en edificaciones.-** Conjunto de documentos que determinan en forma explícita las características, requisitos y especificaciones necesarias para la ejecución de la obra de instalaciones eléctricas. Está constituido por: planos por especialidades, especificaciones técnicas, metrados y presupuestos, análisis de precios unitarios, cronograma de ejecución y memorias descriptivas, la relación de ensayos y/o pruebas que se requieren.

La construcción de instalaciones eléctricas interiores debe ser realizada por personal técnico calificado y certificado.

**5.13. Propietario.-** Persona natural o jurídica que acredita ser titular del dominio del predio al que se refiere una obra.

**5.14. Projectista.-** Profesional competente que tiene a su cargo la ejecución de una parte del proyecto de una obra.

**5.15. Punto de entrega.-** Punto de empalme a las instalaciones eléctricas autorizadas por la EDE, a partir de dicho punto de conexión inicia las instalaciones eléctricas.

**5.16. Punto de diseño.-** Es el lugar asignado por la EDE a partir del cual se debe iniciar el proyecto del Sistema de Utilización en media tensión.

**5.17. R<sub>a</sub>-** Índice de reproducción cromática.

**5.18. Sistema de protección contra el rayo.-** Sistema completo empleado para reducir los daños físicos por las descargas de rayos en una edificación, infraestructura y ocupantes.

**5.19. Sistema de utilización.-** Conjunto de instalaciones eléctricas en media tensión, comprendida desde el Punto de Diseño hasta los bornes de baja tensión del transformador.

**5.20. Suministro eléctrico (suministro).-** Servicio eléctrico prestado por la EDE, de acuerdo a características técnicas y comerciales establecidas en el respectivo contrato de suministro. Conjunto de instalaciones que permiten la alimentación de la energía eléctrica en forma segura.

**5.21. T<sub>cp</sub>-** Temperatura de color correlacionada. Temperatura de un radiador de Plankian cuyo color percibido es el más parecido al de un estímulo dado a la misma luminosidad y bajo condiciones de visión especificadas (unidad: K).

**5.22. UGR<sub>L</sub>-** Índice de deslumbramiento unificado definido por la CIE como UGR, Unified Glare Rating.

**5.23. U<sub>s</sub>-** Uniformidad de la iluminancia. Relación o cociente entre la iluminancia (luminancia) mínima y la iluminancia (luminancia) media sobre (de) una superficie.

Las definiciones especificadas en el Código Nacional de Electricidad - Utilización también son de aplicación en la presente norma.

## Capítulo II

LINEAMIENTOS TÉCNICOS PARA EL DISEÑO DE INSTALACIONES  
ELECTRICAS INTERIORES EN EDIFICACIONES**Artículo 6.- Requisitos de iluminación**

6.1. En la elaboración del proyecto de instalación eléctrica en edificaciones, los proyectistas deben realizar cálculos de iluminación (artificial y/o natural) convencionales o mediante programas de cómputo a fin de cumplir lo indicado en el Anexo, definiendo la calidad de la iluminación según el tipo de tarea visual o actividad a realizar en dichos ambientes, de acuerdo a los requerimientos y a la actualización tecnológica del sector. Las condiciones de iluminación se dan protegiendo la salud de las personas y animales, evitando la contaminación lumínica.

6.2. La elección de la temperatura de color ( $T_{cp}$ ) depende del nivel de iluminancia, colores del mobiliario, clima circundante y la aplicación. En el Anexo, se da una franja restrictiva de temperaturas de color adecuadas para aplicaciones específicas. Estas son aplicables para luz diurna así como para luz artificial.

6.3. El valor mínimo del índice de reproducción cromática para distintos tipos de edificaciones (áreas), tareas o actividades se muestra en el Anexo.

6.4. Los sistemas de iluminación se diseñan para evitar el parpadeo y los efectos estroboscópicos.

6.5. El proyecto de iluminación se diseña con un factor de mantenimiento (FM) calculado para el equipo de alumbrado seleccionado, ambiente y programa de mantenimiento especificado.

El factor de mantenimiento depende de las características de mantenimiento de la lámpara y del mecanismo de control, la luminaria, el ambiente y el programa de mantenimiento, por lo que, se diseña el esquema de iluminación con el FM para la(s) lámpara(s), luminaria(s), superficies reflectantes, ambiente y programa de mantenimiento especificado.

El proyectista debe establecer el factor de mantenimiento y anotar todas las suposiciones hechas en el establecimiento de su valor, especificar la luminaria adecuada para el ambiente de aplicación; y definir los lineamientos del programa de mantenimiento completo que incluya la frecuencia de reemplazo de lámparas y luminarias y los intervalos de limpieza de las luminarias, así como el método de limpieza.

6.6. La iluminancia para cada área está dada como iluminancia mantenida.

6.7. El diseño debe cumplir los requisitos de iluminación de una tarea o espacio en particular de una forma eficiente. Es importante no comprometer los aspectos visuales de una instalación de iluminación simplemente para reducir el consumo de energía. Los niveles de iluminancia como se establecen en la presente Norma, son los valores de iluminancia mínimos medios y tienen que mantenerse en este nivel o por encima. Se toma en cuenta la Norma EM.110 "Confort Térmico y Lumínico con Eficiencia Energética" del RNE.

6.8 En el caso de utilizar un programa de cómputo, el proyectista consigna en la memoria de cálculo el archivo fuente utilizado en formato digital, que incluya los datos y/o parámetros de entrada considerados en el diseño de iluminación, así como los resultados correspondientes, inclusive el reporte de consumo energético del proyecto.

6.9 Los proyectistas también deben considerar las disposiciones vigentes incluidas en las Normas vinculadas a iluminación y alumbrado de la Dirección General de Electricidad del Ministerio de Energía Minas y las normas internacionales como la Organización Mundial de Salud, relacionadas a la iluminación.

**Artículo 7.- Evaluación de la demanda**

7.1. Los proyectos incluyen necesariamente un análisis de la potencia instalada y máxima demanda de potencia que requieran las instalaciones proyectadas.

7.2. La evaluación de la demanda puede realizarse por cualquiera de los dos métodos indicados en el Código Nacional de Electricidad - Utilización, los cuales se describen:

Método 1: Considerando las cargas realmente a instalarse en la edificación (proyectadas), los factores de demanda y simultaneidad que se obtienen durante la operación de la instalación.

Método 2: Considerando las cargas unitarias y los factores de demanda que estipula el Código Nacional de Electricidad - Utilización o las Normas DGE correspondientes. El factor de simultaneidad es asumido y justificado por el proyectista.

**Artículo 8.- Documentación técnica de un proyecto de instalación eléctrica**

Un Proyecto de instalación eléctrica en edificaciones consta de lo siguiente, según corresponda la naturaleza de la edificación:

1. Certificado de factibilidad de servicios para obra nueva de vivienda multifamiliar o fines diferentes al de vivienda, salvo que la edificación no requiera conectarse al servicio público de electricidad.

2. Memoria descriptiva: Se indican las características del proyecto de instalaciones eléctricas, considerando la ubicación, descripción arquitectónica, nombre del proyectista, área libre y área techada, normativa aplicada y criterios técnicos utilizados. Se debe indicar los alcances del proyecto según corresponda a la edificación:

a) Instalaciones eléctricas en general (circuitos derivados de alumbrado, tomacorrientes, fuerza y cargas especiales).

b) Iluminación

c) Sistemas de protección (puesta a tierra; contra sobre corrientes; contra sobretensiones).

d) Sistemas de protección contra el rayo según las características del entorno.

e) Cargas del sistema de aire acondicionado

f) Sistemas de generadores de electricidad (mediante energías renovables y no renovables).

g) Otras cargas

3. Memoria de cálculo: Descripción y formulación de los parámetros de cálculo de los diferentes diseños, detallando el sustento correspondiente.

a) Instalaciones eléctricas en general (circuitos derivados de alumbrado, tomacorrientes, fuerza y cargas especiales).

b) Iluminación (respecto a la luz, iluminación emitida por los elementos y/o equipo de iluminación)

c) Sistemas de protección (puesta a tierra; contra sobre corrientes; contra sobretensiones).

d) Sistemas de protección contra el rayo según las características del entorno.

e) Cargas del sistema de aire acondicionado

f) Sistemas de generadores de electricidad (mediante energías renovables y no renovables).

g) Otras cargas

4. Especificaciones técnicas: Descripción de las características específicas y normas de fabricación de cada uno de los materiales y/o equipos a utilizarse; cumpliendo las Normas Técnicas Peruanas, Reglamentos Técnicos vigentes y Normas Técnicas de la IEC, según lo indicado en el artículo 3 de la presente Norma Técnica.

a) Instalaciones eléctricas en general (circuitos derivados de alumbrado, tomacorrientes, fuerza y cargas especiales).

b) Iluminación (elementos y/o equipo de iluminación)

c) Sistemas de protección (puesta a tierra; contra sobre corrientes; contra sobretensiones).

d) Sistemas de protección contra el rayo según las características del entorno.

e) Cargas del sistema de aire acondicionado

f) Sistemas de generadores de electricidad (mediante energías renovables y no renovables).

g) Otras cargas

5. Planos correspondientes: Muestra de forma didáctica y ordenada todos los elementos que interviene en las instalaciones, en los planos se presenta de forma gráfica, con detalles las características básicas de los elementos y componentes, su ubicación. Asimismo, toda información considerada relevante para las instalaciones.

a) Instalaciones eléctricas en general: Se presenta el esquema unifilar del tablero general o principal, tableros de distribución, cuadro de cargas que indique: potencia instalada, demanda máxima y potencia contratada, detalles de instalación de equipos especiales.

i) Acometida, tablero general

ii) Tableros, alimentadores

iii) Montantes

iv) Circuitos derivados de alumbrado

v) Circuitos derivados de tomacorrientes.

vi) Circuitos de fuerza

vii) Circuito de cargas especiales

b) Iluminación

c) Sistemas de protección (puesta a tierra; contra sobre corrientes; contra sobretensiones).

d) Sistemas de protección contra el rayo según las características del entorno.

e) Sistemas de aire acondicionado

f) Sistemas de generadores de electricidad (mediante energías renovables y no renovables).

g) Otras cargas

Los planos son presentados en hojas de tamaño y formatos normalizados según la NTP 272.002 y NTP 833.001, doblados al tamaño A4 conforme a la NTP 833.002 debiendo quedar a la vista el rótulo respectivo, donde figuran el nombre completo y número de registro del Colegio de Ingenieros del Perú del Profesional Responsable (Ing. electricista o Ing. mecánico-electricista); así como su firma y sello reconocido por el Colegio de Ingenieros del Perú.

De acuerdo a la naturaleza y magnitud del proyecto, los planos pueden ser:

- Planos generales: Para que mediante la aplicación de los símbolos gráficos normalizados de electricidad se presente la distribución de las salidas, esquemas unifilares (con indicación de potencia instalada, demanda máxima, tensión de distribución, capacidad de ruptura de los interruptores, número de fases, tipo de instalación), leyenda, especificaciones técnicas, cuadro de potencia instalada y demanda máxima. El plano debe ser desarrollado en escala 1:50 o 1:75.

- Planos de conjunto, cuando se requiera: Para identificar la posición relativa de las edificaciones del proyecto y las redes eléctricas exteriores correspondientes. El plano debe ser desarrollado en escala 1:100, 1:200 o 1:500.

- Planos de detalle: Para una mejor identificación o comprensión de algunos elementos o parte de los diseños del proyecto, tales como: banco de medidores, sistema de puesta a tierra, tableros, bandejas portacables, ductos barra, otros. Estos detalles deben de ser desarrollados en escala 1:20 o 1:25.

En la elaboración de planos, memorias descriptivas y memorias de cálculo debe cumplirse con las últimas ediciones vigentes de las siguientes normas:

- i) NTP 272.002 Papeles. Lista de aplicación de los formatos de la serie A INTINTEC
- ii) NTP 833.001 Dibujo Técnico. Formato de Láminas
- iii) NTP 833.002 Dibujo Técnico. Plegado de Láminas
- iv) R.M. 091-2002-EM/VME Norma DGE - Símbolos Gráficos en Electricidad
- v) R.M. 091-2002-EM/VME Norma DGE - Terminología en Electricidad

6. Al finalizar la construcción de las instalaciones eléctricas de la edificación, se deben realizar pruebas técnicas sobre las instalaciones eléctricas, para asegurar la operatividad, funcionalidad, calidad y seguridad, cuyos resultados se adjuntarán al certificado de finalización de obra según corresponda.

- a) Instalaciones eléctricas en general (circuitos derivados de alumbrado, tomacorrientes, fuerza y cargas especiales).
- b) Iluminación (respecto a la luz, iluminación emitida por los elementos y/o equipo de iluminación, temperatura de los equipos complementarios).
- c) Sistemas de protección (puesta a tierra; contra sobre corrientes; contra sobretensiones).
- d) Sistemas de protección contra el rayo según las características del entorno.
- e) Cargas del sistema de aire acondicionado
- f) Sistemas de generadores de electricidad (mediante energías renovables y no renovables).
- g) Otras cargas

#### **Artículo 9.- Construcción por etapas**

Cuando las instalaciones de un proyecto se vayan a construir por etapas:

- a) Se debe elaborar el proyecto completo, dejando claramente establecido cada una de las etapas, y,
- b) En el caso que no se puedan definir las cargas de alguna de las etapas, se debe prever lo necesario y suficiente para atender las futuras etapas tales como: circuitos de reserva en el tablero eléctrico, canalizaciones, etc.

#### **Artículo 10.- Instalaciones eléctricas provisionales**

Las instalaciones eléctricas provisionales deben cumplir con lo establecido en esta misma Norma Técnica, así como con el Código Nacional de Electricidad y las normas DGE del Ministerio de Energía y Minas.

#### **Artículo 11.- Suministro de energía eléctrica de emergencia**

11.1. Todas las edificaciones no residenciales y los edificios multifamiliares, deben contar con instalaciones de iluminación de emergencia en las rutas de evacuación.

11.2. Todas las edificaciones calificadas por la Norma Técnica E.030 Diseño Sismoresistente, como edificaciones esenciales (salvo los grandes hornos, fábricas, depósitos de materiales inflamables o tóxicos y edificios que almacenen archivos e información esencial del Estado) así como las edificaciones importantes (terminales de pasajeros y los establecimientos penitenciarios) deben tener elementos, equipos y una infraestructura para suministro de energía eléctrica de emergencia que permita la continuidad, de forma automática, del servicio para las cargas necesarias, según análisis técnico, a fin que no se suspenda en ningún momento la energía eléctrica.

11.3. En el caso de establecimientos de salud, el diseño del suministro de energía eléctrica de emergencia (generador) debe calcularse, como mínimo, para el 100% de la potencia instalada.

### **ANEXO**

#### **REQUISITOS MÍNIMOS DE ILUMINACIÓN**

La composición de las tablas es la siguiente:

**Columna 1:** Enumera el código para cada área interior, tarea o actividad.

**Columna 2:** Enumera aquellas áreas, tareas o actividades, para las que están dados los requisitos específicos. Si el área interior, tarea o actividad particular no está recogida, deben adoptarse los valores dados para una situación similar y comparable.

**Columna 3:** Proporciona la iluminancia mantenida  $E_m$  en la superficie de referencia para el área interior, tarea o actividad dada en la columna 2. La iluminancia media para cada tarea no debe caer por debajo del valor dado, independientemente de la edad, y el estado de la instalación. Los valores son válidos para condiciones visuales normales, sin embargo, pueden incrementarse, cuando:

- a) El trabajo visual es crítico,
- b) Los errores son costosos de rectificar,
- c) La exactitud, la mayor productividad o la concentración incrementada son de gran importancia,
- d) Los detalles de la tarea son de tamaño inusualmente pequeño o de bajo contraste.
- e) La tarea es realizada durante un tiempo inusualmente largo, o
- f) La capacidad visual del trabajador está por debajo de lo normal.

**Columna 4:** Proporciona los límites de UGR máximos (límite de Índice de Deslumbramiento Unificado,  $UGR_L$ ) que son aplicables a la situación recogida en la columna 2.

**Columna 5:** Proporciona la uniformidad de iluminancia mínima  $U_o$  sobre la superficie de referencia para la iluminancia mantenida dada en la columna 3.

**Columna 6:** Proporciona los índices de reproducción cromática ( $R_a$ ) para la situación recogida en la columna 2.

**Columna 7:** Proporciona los requisitos específicos para las situaciones recogidas en la columna 2.

**REQUISITOS MÍNIMOS DE ILUMINACIÓN**

| 1. VIVIENDA |  |              |         |       |       |   |
|-------------|--|--------------|---------|-------|-------|---|
| Nº ref.     | Tipo de interior, tarea o actividad  | $E_m$<br>lux | $UGR_L$ | $U_o$ | $R_a$ | Requisitos específicos  |
| <b>1.1</b>  | <b>Zona privada</b>  |              |         |       |       |   |
|             | Dormitorio   | 50           |         |       |       |   |
|             | Baño   | 100          |         |       |       |   |
|             | Baño (zona de espejo)  | 500          |         |       |       |   |
|             | Cocina   | 300          |         |       |       |   |
|             | Sala, Sala de estar  | 100          |         |       |       |   |
|             | Comedor  | 100          |         |       |       |   |
|             | Estudios, almacenes, depósitos, walking closet, cuartos de trabajo doméstico (planchado, lavandería y similares) | 500          |         |       |       |   |
|             | Patios, zonas abiertas   | 20           |         |       |       |   |
|             | Estacionamientos bajo techo  | 50           |         |       |       |   |
| <b>1.2</b>  | <b>Zonas comunes (aplicable a zonas comunes de cualquier tipo de edificación)</b>                                |              |         |       |       |   |
|             | Vestíbulos de entrada  | 100          | 22      |       | 60    |   |
|             | Salas de estar (pública)   | 200          | 22      |       | 80    |   |
|             | Áreas de circulación y pasillos  | 100          | 28      | 0,40  | 40    | 1 Iluminancia al nivel del suelo<br>2 $R_a$ y UGR similares a áreas adyacentes<br>3 150 lux si hay vehículos en el recorrido<br>4 El alumbrado de salidas y entradas debe proporcionar una zona de transición para evitar cambios repentinos en iluminancia entre interior y exterior de día o de noche<br>5 Debe evitarse el deslumbramiento de conductor y peatones |
|             | Escaleras, escaleras mecánicas y transportadores (de personas)   | 150          | 25      | 0,40  | 40    | Requiere contraste mejorado sobre los escalones   |
|             | Ascensores, montacargas  | 100          | 25      | 0,40  | 40    | El nivel de iluminación en frente del montacargas debe ser al menos $E_m = 200$ lx  |
|             | Rampas/andenes/patios de carga   | 150          | 25      | 0,40  | 40    |   |

| 2. EDUCACIÓN |                                     |              |         |       |       |  |
|--------------|-------------------------------------|--------------|---------|-------|-------|--|
| Nº ref.      | Tipo de interior, tarea o actividad | $E_m$<br>lux | $UGR_L$ | $U_o$ | $R_a$ | Requisitos específicos   |
|              | Sala de juegos                      | 300          | 22      | 0,40  | 80    | Debe evitarse altas luminancias en las direcciones de visión desde abajo mediante la utilización de coberturas difusas |

| 2. EDUCACIÓN |   |        |                  |                |                |  |
|--------------|---|--------|------------------|----------------|----------------|--|
| Nº ref.      | Tipo de interior, tarea o actividad                   | Em lux | UGR <sub>L</sub> | U <sub>o</sub> | R <sub>a</sub> | Requisitos específicos   |
|              | Guarderías  | 300    | 22               | 0,40           | 80             | Debe evitarse altas luminancias en las direcciones de visión desde abajo mediante la utilización de coberturas difusas     |
|              | Sala de manualidades                                  | 300    | 19               | 0,60           | 80             |  |
|              | Aulas de profesores                                   | 300    | 19               | 0,60           | 80             | La iluminación debe ser controlable  |
|              | Aulas para clases nocturnas y de educación de adultos | 500    | 19               | 0,60           | 80             | La iluminación debe ser controlable  |
|              | Salas de lectura                                      | 500    | 19               | 0,60           | 80             | La iluminación debe ser controlable para colocar varias A/V necesarias   |
|              | Zona de pizarra                                       | 500    | 19               | 0,70           | 80             | Deben evitarse las reflexiones especulares<br>El presentador/profesor debe iluminarse con la iluminación vertical adecuada |
|              | Mesa de demostraciones                                | 500    | 19               | 0,70           | 80             | En salas de lectura 750 lx   |
|              | Locales de artes y oficios                            | 500    | 19               | 0,60           | 80             |  |
|              | Locales de artes (en escuelas de arte)                | 750    | 19               | 0,70           | 90             | $5\ 000\ K \leq TCP < 6\ 500\ K$   |
|              | Salas de dibujo técnico                               | 750    | 16               | 0,70           | 80             |  |
|              | Locales de prácticas y laboratorios                   | 500    | 19               | 0,60           | 80             |  |
|              | Aulas de manualidades                                 | 500    | 19               | 0,60           | 80             |  |
|              | Taller de enseñanza                                   | 500    | 19               | 0,60           | 80             |  |
|              | Locales de prácticas de música                        | 300    | 19               | 0,60           | 80             |  |
|              | Locales de prácticas de computación                   | 300    | 19               | 0,60           | 80             |  |
|              | Laboratorio de idiomas                                | 300    | 19               | 0,60           | 80             |  |
|              | Locales y talleres de preparación                     | 500    | 22               | 0,60           | 80             |  |
|              | Vestíbulo de entrada                                  | 200    | 22               | 0,40           | 80             |  |
|              | Áreas de circulación, pasillos                        | 100    | 25               | 0,40           | 80             |  |
|              | Escaleras   | 150    | 25               | 0,40           | 80             |  |
|              | Locales comunes de estudiantes y salas de reuniones   | 200    | 22               | 0,40           | 80             |  |
|              | Locales de maestros                                   | 300    | 19               | 0,60           | 80             |  |
|              | Biblioteca: estanterías                               | 200    | 19               | 0,60           | 80             |  |
|              | Biblioteca: áreas de lectura                          | 500    | 19               | 0,60           | 80             |  |
|              | Almacenes de material de profesores                   | 100    | 25               | 0,40           | 80             |  |
|              | Salas deportivas, gimnasios y piscinas                | 300    | 22               | 0,60           | 80             | En caso de no existir norma internacional véase la Norma EN 12193 para las condiciones de entrenamiento                    |
|              | Cocina  | 500    | 22               | 0,60           | 80             |  |

| 3. SALUD |                                       |        |                  |                |                |   |
|----------|---------------------------------------|--------|------------------|----------------|----------------|---|
| Nº ref.  | Tipo de interior, tarea o actividad   | Em lux | UGR <sub>L</sub> | U <sub>o</sub> | R <sub>a</sub> | Requisitos específicos  |
| 3.1      | <b>Salas de uso general</b>           |        |                  |                |                |   |
|          | Salas de espera                       | 200    | 22               | 0,40           | 80             | Deben impedirse luminancias demasiado elevadas en el campo de visión de los pacientes |
|          | Corredores: durante el día            | 100    | 22               | 0,40           | 80             | Iluminancia a nivel del suelo   |
|          | Corredores: durante la noche          | 50     | 22               | 0,40           | 80             | Iluminancia a nivel del suelo   |
|          | Ambientes para curaciones             | 500    | 19               | 0,60           | 80             |   |
|          | Salas para consulta médica            | 500    | 16               | 0,60           | 90             | T <sub>cp</sub> 4 000 k, como mínimo  |
|          | Ascensores para personas y visitantes | 100    | 22               | 0,60           | 80             | Iluminancia a nivel del suelo   |

| <b>3. SALUD</b> |  |        |                  |                |                |   |
|-----------------|--|--------|------------------|----------------|----------------|---|
| Nº ref.         | Tipo de interior, tarea o actividad                          | Em lux | UGR <sub>L</sub> | U <sub>o</sub> | R <sub>a</sub> | Requisitos específicos                  |
|                 | Ascensores de servicio y montacargas                         | 200    | 22               | 0,60           | 80             | Iluminancia a nivel del suelo           |
| <b>3.2</b>      | <b>Salas de personal</b>                                     |        |                  |                |                |   |
|                 | Oficina del personal   | 500    | 19               | 0,60           | 80             |   |
| <b>3.3</b>      | <b>Salas de guardia, salas de maternidad</b>                 |        |                  |                |                |   |
|                 | Iluminación general  | 100    | 19               | 0,40           | 80             | Iluminancia a nivel del suelo           |
|                 | Iluminación para la lectura                                  | 300    | 19               | 0,70           | 80             |   |
|                 | Exámenes generales   | 300    | 19               | 0,60           | 80             |   |
|                 | Exámenes específicos y tratamiento de maternidad             | 1 000  | 19               | 0,70           | 90             |   |
|                 | Iluminación nocturna, iluminación de observación             | 5      | -                | -              | 80             |   |
|                 | Baños y tocadores para pacientes                             | 200    | 22               | 0,40           | 80             |   |
| <b>3.4</b>      | <b>Salas de exámenes generales</b>                           |        |                  |                |                |   |
|                 | Alumbrado general (Salas de examen)                          | 500    | 19               | 0,60           | 90             | 4 000 K ≤ TCP ≤ 5 000 K                 |
|                 | Examen y tratamiento   | 1 000  | 19               | 0,70           | 90             |   |
| <b>3.5</b>      | <b>Salas de examen ocular</b>                                |        |                  |                |                |   |
|                 | Alumbrado general  | 500    | 19               | 0,60           | 90             | 4 000 K ≤ TCP ≤ 5 000 K                 |
|                 | Exámenes ocular  | 1 000  | -                | -              | 90             |   |
|                 | Prueba de lectura y visión cromática con diagrama de visión. | 500    | 16               | 0,70           | 90             |   |
| <b>3.6</b>      | <b>Salas de examen auditivo</b>                              |        |                  |                |                |   |
|                 | Alumbrado general  | 300    | 19               | 0,60           | 80             |   |
|                 | Examen auditivo  | 1 000  |                  | -              | 90             |   |
| <b>3.7</b>      | <b>Salas de escáner</b>                                      |        |                  |                |                |   |
|                 | Alumbrado general  | 300    | 19               | 0,60           | 80             |   |
|                 | Escáners con aumentadores de imágenes y sistemas de TV       | 50     | 19               | -              | 80             |   |
| <b>3.8</b>      | <b>Salas de parto</b>  |        |                  |                |                |   |
|                 | Alumbrado general  | 300    | 19               | 0,60           | 90             |   |
|                 | Examen y tratamiento   | 1 000  | 19               | 0,70           | 90             |   |
|                 | <b>Salas de tratamiento (general)</b>                        |        |                  |                |                |   |
|                 | Salas de diálisis  | 500    | 19               | 0,60           | 80             |   |
|                 | Salas de dermatología  | 500    | 19               | 0,60           | 90             |   |
|                 | Salas de endoscopías   | 300    | 19               | 0,60           | 80             |   |
|                 | Salas de enyesar   | 500    | 19               | 0,60           | 80             |   |
|                 | Baños de médicos   | 300    | 19               | 0,60           | 80             |   |
|                 | Masaje y radioterapia  | 300    | 19               | 0,60           | 80             |   |
| <b>3.9</b>      | <b>Áreas de operación</b>                                    |        |                  |                |                |   |
|                 | Salas pre-operatorias y de recuperación                      | 500    | 19               | 0,60           | 90             |   |
|                 | Sala de operaciones  | 1000   | 19               | 0,60           | 90             |   |
|                 | Quirófano  |        |                  | -              |                | E <sub>m</sub> : 10 000 lx a 100 000 lx |
| <b>3.10</b>     | <b>Unidad de cuidados intensivos</b>                         |        |                  |                |                |   |
|                 | Iluminación general  | 100    | 19               | 0,60           | 90             | Iluminancia a nivel del suelo           |
|                 | Exámenes sencillos   | 300    | 19               | 0,60           | 90             | Iluminancia a nivel del suelo           |

| 3. SALUD |   |        |                  |                |                |   |
|----------|---|--------|------------------|----------------|----------------|---|
| Nº ref.  | Tipo de interior, tarea o actividad             | Em lux | UGR <sub>L</sub> | U <sub>o</sub> | R <sub>a</sub> | Requisitos específicos  |
|          | Exámenes y tratamiento                          | 1 000  | 19               | 0,70           | 90             | Iluminancia a nivel del suelo                                       |
|          | Vigilancia nocturna                             | 20     | 19               | -              | 90             |   |
|          | <b>Dentistas:</b>                               |        |                  |                |                |   |
|          | Iluminación general                             | 500    | 19               | 0,60           | 90             | La iluminación debe estar libre de deslumbramiento para el paciente |
|          | En el paciente                                  | 1 000  | -                | 0,70           | 90             |   |
|          | Quirófano                                       | -      | -                | -              | -              | En la Norma EN ISO 9680 se dan requisitos específicos               |
|          | Maquinado de diente blanco                      | -      | -                | -              | -              | En la Norma EN ISO 9680 se dan requisitos específicos               |
| 3.11     | <b>Laboratorios y farmacias</b>                 |        |                  |                |                |   |
|          | Alumbrado general                               | 500    | 19               | 0,60           | 80             |   |
|          | Inspección de colores                           | 1 000  | 19               | 0,70           | 90             | 6 000 K ≤ TCP ≤ 6 500 K   |
| 3.12     | <b>Salas de descontaminación</b>                |        |                  |                |                |   |
|          | Salas de esterilización                         | 300    | 22               | 0,60           | 80             |   |
|          | Salas de desinfección                           | 300    | 22               | 0,60           | 80             |   |
| 3.13     | <b>Sala de autopsias y depósitos mortuorios</b> |        |                  |                |                |   |
|          | Alumbrado general                               | 500    | 19               | 0,60           | 90             |   |
|          | Mesa de autopsias y mesa de disección           | 5 000  | -                | -              | 90             | Pueden requerirse valores mayores de 5 000 lx                       |

| 4. INDUSTRIA |  |        |                  |                |                |   |
|--------------|--|--------|------------------|----------------|----------------|---|
| Nº ref.      | Tipo de interior, tarea o actividad  | Em lux | UGR <sub>L</sub> | U <sub>o</sub> | R <sub>a</sub> | Requisitos específicos                      |
| 4.1          | <b>Agricultura</b>   |        |                  |                |                |   |
|              | Carga y operación de mercancías y equipos y maquinaria de manipulación de mercancías | 200    | 25               | 0,40           | 80             |   |
|              | Edificación para ganadería   | 50     |                  | 0,40           | 40             |   |
|              | Sala de veterinaria, establos para parir   | 200    | 25               | 0,40           | 80             |   |
|              | Preparación de alimentos, lechería, lavado de utensilios                             | 200    | 25               | 0,60           | 80             |   |
|              | <b>Panaderías</b>  |        |                  |                |                |   |
|              | Preparación y horneado   | 300    | 22               | 0,60           | 80             |   |
|              | Terminado, escarchado, decoración  | 500    | 22               | 0,70           | 80             |   |
| 4.2          | <b>Cemento, artículos de cemento, concreto, ladrillos</b>                            |        |                  |                |                |   |
|              | Secado   | 50     | 28               | 0,40           | 20             | Se deben reconocer los colores de seguridad |
|              | Preparación de materiales, trabajo en hornos y mezcladores                           | 200    | 28               | 0,40           | 40             |   |
|              | Trabajo en máquinas en general   | 300    | 25               | 0,60           | 80             |   |
|              | Encofrado  | 300    | 25               | 0,60           | 80             |   |
| 4.3          | <b>Cerámicas, tejas, vidrio, artículos de vidrio</b>                                 |        |                  |                |                |   |
|              | Secado   | 50     | 28               | 0,40           | 20             |   |
|              | Preparación, trabajo en máquinas en general  | 300    | 25               | 0,60           | 80             |   |

| <b>4. INDUSTRIA</b> |   |               |                        |                      |                      |   |
|---------------------|---|---------------|------------------------|----------------------|----------------------|---|
| <b>Nº ref.</b>      | <b>Tipo de interior, tarea o actividad</b>  | <b>Em lux</b> | <b>UGR<sub>L</sub></b> | <b>U<sub>o</sub></b> | <b>R<sub>a</sub></b> | <b>Requisitos específicos</b>               |
|                     | Esmaltado, laminado, prensado, conformación de partes sencillas, escarchado, soplado del vidrio                   | 300           | 25                     | 0,60                 | 80                   |   |
|                     | Trituración, estampado, pulido del vidrio, conformación de partes precisas, fabricación de instrumentos de vidrio | 750           | 19                     | 0,70                 | 80                   |   |
|                     | Trabajo de precisión, por ejemplo, triturado decorativo, pintura a mano   | 750           | 16                     | 0,70                 | 80                   |   |
|                     | Trabajo de precisión, por ejemplo, triturado decorativo, pintura a mano   | 1 000         | 16                     | 0,70                 | 90                   | 4 000 K ≤ TCP ≤ 6 500 K                     |
|                     | Fabricación de piedras preciosas sintéticas   | 1 500         | 16                     | 0,70                 | 90                   | 4 000 K ≤ TCP ≤ 6 500 K                     |
| <b>4.4</b>          | <b>Industria química, de plásticos y de caucho</b>  |               |                        |                      |                      |   |
|                     | Instalaciones de procesamiento operadas a distancia   | 50            |                        | 0,40                 | 20                   | Se deben reconocer los colores de seguridad |
|                     | Instalaciones de procesamiento con intervención manual limitada   | 150           | 28                     | 0,40                 | 40                   |   |
|                     | Puestos de trabajo atendidos constantemente en instalaciones de procesamiento                                     | 300           | 25                     | 0,60                 | 80                   |   |
|                     | Locales de mediciones precisas, laboratorios  | 500           | 19                     | 0,60                 | 80                   |   |
|                     | Producción farmacéutica   | 500           | 22                     | 0,60                 | 80                   |   |
|                     | Producción de neumáticos  | 500           | 22                     | 0,60                 | 80                   |   |
|                     | Inspección de colores   | 1 000         | 16                     | 0,70                 | 90                   | 4 000 K ≤ TCP ≤ 6 500 K                     |
|                     | Corte, acabado, inspección  | 750           | 19                     | 0,70                 | 80                   |   |
| <b>4.5</b>          | <b>Industria eléctrica</b>  |               |                        |                      |                      |   |
|                     | Fabricación de cable e hilos  | 300           | 25                     | 0,60                 | 80                   |   |
|                     | Bobinado:   |               |                        |                      |                      |   |
|                     | - Bobinas grandes   | 300           | 25                     | 0,60                 | 80                   |   |
|                     | - Bobinas de tamaño mediano   | 500           | 22                     | 0,60                 | 80                   |   |
|                     | - Bobinas pequeñas  | 750           | 19                     | 0,70                 | 80                   |   |
|                     | Impregnación de devanados   | 300           | 25                     | 0,60                 | 80                   |   |
|                     | Galvanización   | 300           | 25                     | 0,60                 | 80                   |   |
|                     | Trabajo de montaje:   |               |                        |                      |                      |   |
|                     | - obra gruesa, por ejemplo, transformadores grandes   | 300           | 25                     | 0,60                 | 80                   |   |
|                     | - mediano, por ejemplo, centros generales de distribución   | 500           | 22                     | 0,60                 | 80                   |   |
|                     | - fino, por ejemplo, teléfonos  | 750           | 19                     | 0,70                 | 80                   |   |
|                     | - de precisión, por ejemplo, equipos de mediciones  | 1 000         | 16                     | 0,70                 | 80                   |   |
|                     | Talleres de electrónica, ensayos, ajustes   | 1 500         | 16                     | 0,70                 | 80                   |   |
| <b>4.6</b>          | <b>Productos alimenticios e industria de alimentos de lujo</b>  |               |                        |                      |                      |   |

| 4. INDUSTRIA |   |        |                  |                |                |   |
|--------------|---|--------|------------------|----------------|----------------|---|
| Nº ref.      | Tipo de interior, tarea o actividad   | Em lux | UGR <sub>L</sub> | U <sub>o</sub> | R <sub>a</sub> | Requisitos específicos                      |
|              | Puestos y zonas de trabajo en cervecerías, piso de germinación de malta, lavado, llenado de barriles, limpieza, cernido (cribado), peladura, cocinado en fábricas de conservas y chocolates, puestos y zonas de trabajo en fábricas de azúcar, secado y curado de tabaco en hoja, toneles (bodegas) de fermentación | 200    | 25               | 0,40           | 80             |   |
|              | Clasificación y lavado de productos, molienda (molturación), mezclado y envase  | 300    | 25               | 0,60           | 80             |   |
|              | Puestos y zonas de trabajo en mataderos, carnicerías, lecherías, pisos de filtros, refinerías de azúcar   | 500    | 25               | 0,60           | 80             |   |
|              | Corte y clasificación de frutas y vegetales   | 300    | 25               | 0,60           | 80             |   |
|              | Fabricación de alimentos finos, cocinas, fabricación de tabacos y cigarrillos   | 500    | 22               | 0,60           | 80             |   |
|              | Inspección de envases (vidrio) y botellas, control de productos, adorno, decoración   | 500    | 22               | 0,60           | 80             |   |
|              | Laboratorios  | 500    | 19               | 0,60           | 80             |   |
|              | Inspección de colores   | 1 000  | 16               | 0,70           | 90             | 4 000 K ≤ TCP ≤ 6 500 K                     |
| <b>4.7</b>   | <b>Fabricación de piezas de metal (fundiciones, colada de metales y similares)</b>  |        |                  |                |                |   |
|              | Túneles soterrados sótanos, etc.  | 50     |                  | 0,40           | 20             | Se deben reconocer los colores de seguridad |
|              | Preparación de arena  | 200    | 25               | 0,40           | 80             |   |
|              | Local de desarenado   | 200    | 25               | 0,40           | 80             |   |
|              | Puestos de trabajo en cubilote y mezclador  | 200    | 25               | 0,40           | 80             |   |
|              | Patio de fundición  | 200    | 25               | 0,40           | 80             |   |
|              | Áreas de desmoldeo  | 200    | 25               | 0,40           | 80             |   |
|              | Máquina moldeadora  | 200    | 25               | 0,40           | 80             |   |
|              | Moldeo manual y de machos   | 300    | 25               | 0,40           | 80             |   |
|              | Fundición en coquillas  | 300    | 25               | 0,60           | 80             |   |
| <b>4.8</b>   | <b>Fundiciones y colada de metales</b>  |        |                  |                |                |   |
|              | Salas de trabajo con iluminación suplementaria sobre cada máquina   | 150    |                  |                |                |   |
|              | Trabajo prolongado con requerimiento moderado sobre la visión   | 300    |                  |                |                |   |
|              | Trabajo mecánico con cierta discriminación de detalles  | 300    |                  |                |                |   |
|              | Trabajo mecánico que exige discriminación de detalles finos   | 500    |                  |                |                |   |
|              | Trabajo prolongado con discriminación de detalles finos   | 1500   |                  |                |                |   |
|              | Salas y paneles de control  | 500    |                  |                |                |   |
|              | Revisión prolija de artículos, corte y trazado  | 1000   |                  |                |                |   |

| 4. INDUSTRIA |   |        |                  |                |                |   |
|--------------|---|--------|------------------|----------------|----------------|---|
| Nº ref.      | Tipo de interior, tarea o actividad   | Em lux | UGR <sub>L</sub> | U <sub>o</sub> | R <sub>a</sub> | Requisitos específicos  |
|              | Túneles, galerías subterráneas  |        |                  |                |                | En los primeros ochenta (80) metros de la bocamina se deben instalar fluorescentes de 36W espaciados, por lo menos cada cinco (05) metros |
| <b>4.9</b>   | <b>Cuero y artículos de cuero</b>   |        |                  |                |                |   |
|              | Trabajo en cubas, toneles, fosos  | 200    | 25               | 0,40           | 40             |   |
|              | Descarnado, raspado, frotado (pulido), tambor de limpieza de pieles   | 300    | 25               | 0,40           | 80             |   |
|              | Trabajo de talabartería, fabricación de calzado, punteadora, cosido, pulido, conformado, corte, punzonado         | 500    | 22               | 0,60           | 80             |   |
|              | Clasificación   | 500    | 22               | 0,60           | 90             | 4 000 K ≤ TCP ≤ 6 500 K   |
|              | Teñido del cuero (a máquina)  | 500    | 22               | 0,60           | 80             |   |
|              | Control de la calidad   | 1 000  | 19               | 0,70           | 80             |   |
|              | Inspección del color  | 1 000  | 16               | 0,70           | 90             | 4 000 K ≤ TCP ≤ 6 500 K   |
|              | Elaboración de calzado  | 500    | 22               | 0,60           | 80             |   |
|              | Elaboración de guantes  | 500    | 22               | 0,60           | 80             |   |
| <b>4.10</b>  | <b>Trabajo y tratamiento de metales</b>   |        |                  |                |                |   |
|              | Forjado con estampa abierta   | 200    | 25               | 0,60           | 60             |   |
|              | Forjado por estampación (en caliente), soldadura, extrusión en frío   | 300    | 25               | 0,60           | 60             |   |
|              | Maquinado grueso y medio: tolerancias > 0,1 mm  | 300    | 22               | 0,60           | 60             |   |
|              | Maquinado de precisión: rectificado: tolerancias < 0,1 mm   | 500    | 19               | 0,70           | 60             |   |
|              | Marcado (trazado); inspección   | 750    | 19               | 0,70           | 60             |   |
|              | Plantillas de dibujo de alambres y tuberías   | 300    | 25               | 0,60           | 60             |   |
|              | Maquinado de planchas > 5 mm  | 200    | 25               | 0,60           | 60             |   |
|              | Labrado (metalisterías) de chapas < 5 mm  | 300    | 22               | 0,60           | 60             |   |
|              | Elaboración de herramientas: fabricación de equipos de corte  | 750    | 19               | 0,70           | 60             |   |
|              | Montaje:  |        |                  |                |                |   |
|              | - grueso  | 200    | 25               | 0,60           | 80             |   |
|              | - medio   | 300    | 25               | 0,60           | 80             |   |
|              | - fino  | 500    | 22               | 0,60           | 80             |   |
|              | - de precisión  | 750    | 19               | 0,70           | 80             |   |
|              | Galvanización   | 300    | 25               | 0,60           | 80             |   |
|              | Preparación y pintura de las superficies  | 750    | 25               | 0,70           | 80             |   |
|              | Elaboración de herramientas, plantillas y taladradores; mecánica de precisión, micromecánica                      | 1 000  | 19               | 0,70           | 80             |   |
| <b>4.11</b>  | <b>Papel y artículos de papel</b>   |        |                  |                |                |   |
|              | Molinos de pulpa, muelas verticales   | 200    | 25               | 0,40           | 80             |   |
|              | Fabricación y procesamiento del papel, maquinaria papelera y de corrugación, fabricación de cartones y cartulinas | 300    | 25               | 0,60           | 80             |   |

| 4. INDUSTRIA |  |        |                  |                |                |  |
|--------------|--|--------|------------------|----------------|----------------|--|
| Nº ref.      | Tipo de interior, tarea o actividad  | Em lux | UGR <sub>L</sub> | U <sub>o</sub> | R <sub>a</sub> | Requisitos específicos   |
|              | Trabajo normal de encuadernación de libros, por ejemplo, doblado, clasificación, encolado, corte, estampado en relieve, cosido | 500    | 22               | 0,60           | 60             |  |
| <b>4.12</b>  | <b>Centrales de energía eléctrica</b>  |        |                  |                |                |  |
|              | Planta de suministro de combustible  | 50     |                  | 0,40           | 20             | Los colores de seguridad son reconocibles  |
|              | Casa de calderas   | 100    | 28               | 0,40           | 40             |  |
|              | Salas de máquinas  | 200    | 25               | 0,40           | 80             |  |
|              | Locales auxiliares, por ejemplo, cuartos de bombas, cuartos de condensadores, cuartos de paneles eléctricos, etc.              | 200    | 25               | 0,40           | 60             |  |
|              | Cuartos de control   | 500    | 16               | 0,70           | 80             | 1. Los paneles de control están a menudo en vertical<br>2. Puede requerirse regulación de flujo luminoso |
| <b>4.13</b>  | <b>Imprentas</b>   |        |                  |                |                |  |
|              | Corte, dorado, estampado, grabado en bloque, trabajo en sillares y platinas, imprentas, elaboración de matrices (moldes)       | 500    | 19               | 0,60           | 80             |  |
|              | Clasificación del papel e impresión a mano   | 500    | 19               | 0,60           | 80             |  |
|              | Linotipia, retoque, litografía   | 1 000  | 19               | 0,70           | 80             |  |
|              | Inspección de colores en impresión multicolor  | 1 500  | 16               | 0,70           | 90             | 5 000 K ≤ TCP ≤ 6 500 K  |
|              | Grabado en acero y cobre   | 2 000  | 16               | 0,70           | 80             |  |
| <b>4.14</b>  | <b>Laminación, instalaciones siderúrgicas</b>  |        |                  |                |                |  |
|              | Plantas de producción sin intervención manual  | 50     |                  | 0,40           | 20             | Se deben reconocer los colores de seguridad  |
|              | Plantas de producción con operación manual ocasionalmente  | 150    | 28               | 0,40           | 40             |  |
|              | Plantas de producción con operación manual continuamente   | 200    | 25               | 0,60           | 80             |  |
|              | Almacén de palanquilla   | 50     | 28               | 0,40           | 20             | Los colores de seguridad deben ser reconocibles  |
|              | Hornos   | 200    | 25               | 0,40           | 20             | Los colores de seguridad deben ser reconocibles  |
|              | Tren de laminación, bobinador, línea de cizallamiento  | 300    | 25               | 0,60           | 40             |  |
|              | Plataformas de control, paneles de control   | 300    | 22               | 0,60           | 80             |  |
|              | Ensayo, medición e inspección  | 500    | 22               | 0,60           | 80             |  |
|              | Túneles soterrados (tamaño humano), cintas transportadoras, sótanos, etc.  | 50     | 28               | 0,40           | 20             | Los colores de seguridad deben ser reconocibles  |
| <b>4.15</b>  | <b>Industria textil</b>  |        |                  |                |                |  |
|              | Lugares de trabajo y zonas en baños, apertura de pacas   | 200    | 25               | 0,60           | 60             |  |
|              | Cardado, lavado, planchado, dibujo, peinado, apresto, tejeduría, prehilado, hiladura de yute y cáñamo                          | 300    | 22               | 0,60           | 80             |  |

| 4. INDUSTRIA |  |        |                  |                |                |                                      |
|--------------|--|--------|------------------|----------------|----------------|--------------------------------------|
| Nº ref.      | Tipo de interior, tarea o actividad  | Em lux | UGR <sub>L</sub> | U <sub>o</sub> | R <sub>a</sub> | Requisitos específicos               |
|              | Hilado, plegado, devanado, urdidura, tejeduría, trenzado, de punto tejido  | 500    | 22               | 0,60           | 80             | Prevenir los efectos estroboscópicos |
|              | Urdimbre, tejido, trenzado, tricotado  | 500    | 22               | 0,60           | 80             | Prevenir los efectos estroboscópicos |
|              | Costura, tejidos finos de punto, dar puntadas  | 750    | 22               | 0,70           | 90             |                                      |
|              | Diseño manual, dibujo de patrones  | 750    | 22               | 0,70           | 90             | 4 000 K ≤ TCP ≤ 6 500 K              |
|              | Acabado, teñido  | 500    | 22               | 0,60           | 80             |                                      |
|              | Cuarto de secado   | 100    | 28               | 0,40           | 60             |                                      |
|              | Impresión automática en géneros  | 500    | 25               | 0,60           | 80             |                                      |
|              | Despinzado, batanado, galonado   | 1 000  | 19               | 0,70           | 80             |                                      |
|              | Inspección de colores, control de tejidos  | 1 000  | 16               | 0,70           | 90             | 4 000 K ≤ TCP ≤ 6 500 K              |
|              | Zurcido invisible  | 1 500  | 19               | 0,70           | 90             | 4 000 K ≤ TCP ≤ 6 500 K              |
|              | Fabricación de sombreros   | 500    | 22               | 0,60           | 80             |                                      |
| <b>4.16</b>  | <b>Fabricación de vehículos</b>  |        |                  |                |                |                                      |
|              | Carrocería y ensamblaje  | 500    | 22               | 0,60           | 80             |                                      |
|              | Pintura, cámara de pintar (con pistola), cámara de pulir   | 750    | 22               | 0,70           | 80             |                                      |
|              | Pintura: retoque, inspección   | 1 000  | 16               | 0,70           | 90             | 4 000 K ≤ TCP ≤ 6 500 K              |
|              | Tapicería (vestidura) manual   | 1 000  | 19               | 0,70           | 80             |                                      |
|              | Inspección final   | 1 000  | 19               | 0,70           | 80             |                                      |
|              | Servicios generales de vehículos, reparación y ensayos   | 300    | 22               | 0,60           | 80             | Se debe considerar iluminación local |
| <b>4.17</b>  | <b>Industria maderera y su tratamiento</b>   |        |                  |                |                |                                      |
|              | Procesamiento automático, por ejemplo, fabricación de madera contrachapada seca                                      | 50     | 28               | 0,40           | 40             |                                      |
|              | Fosos de vapor   | 150    | 28               | 0,40           | 40             |                                      |
|              | Bastidor de sierra   | 300    | 25               | 0,60           | 60             | Prevenir efectos estroboscópicos     |
|              | Trabajo en banco de ebanista, encolado, montaje  | 300    | 25               | 0,70           | 80             |                                      |
|              | Pulido, pintado, ebanistería de fantasía   | 750    | 22               | 0,60           | 80             |                                      |
|              | Trabajo en máquinas de carpintería, por ejemplo, torneado, ranurado, cepillado, ranurado, corte, aserrado, vertedero | 500    | 19               | 0,70           | 80             | Prevenir efectos estroboscópicos     |
|              | Selección de maderas en chapas, mosaicos de madera, trabajo de incrustación  | 750    | 22               | 0,70           | 90             | 4 000 K ≤ TCP ≤ 6 500 K              |
|              | Marquetería, incrustación en madera  | 750    | 22               | 0,70           | 90             | 4 000 K ≤ TCP ≤ 6 500 K              |
|              | Control de calidad, inspección   | 1 000  | 19               | 0,70           | 90             | 4 000 K ≤ TCP ≤ 6 500 K              |

| 5. COMERCIO |                                     |        |                  |                |                |                        |
|-------------|-------------------------------------|--------|------------------|----------------|----------------|------------------------|
| Nº ref.     | Tipo de interior, tarea o actividad | Em lux | UGR <sub>L</sub> | U <sub>o</sub> | R <sub>a</sub> | Requisitos específicos |
| <b>5.1</b>  | <b>Tiendas</b>                      |        |                  |                |                |                        |
|             | Área de ventas                      | 500    | 22               | 0,60           | 80             |                        |
|             | Área de (cajas) contadoras          | 500    | 19               | 0,60           | 80             |                        |
|             | Mostrador (mesa) de envolver        | 500    | 19               | 0,60           | 80             |                        |

| 5. COMERCIO |   |        |                  |                |                |  |
|-------------|---|--------|------------------|----------------|----------------|--|
| Nº ref.     | Tipo de interior, tarea o actividad                 | Em lux | UGR <sub>L</sub> | U <sub>o</sub> | R <sub>a</sub> | Requisitos específicos   |
| <b>5.2</b>  | <b>Áreas comunes</b>                                |        |                  |                |                |  |
|             | Vestíbulo de entrada                                | 100    | 22               | 0,40           | 80             | UGR sólo si es aplicable   |
|             | Guardarropas  | 200    | 25               | 0,40           | 80             |  |
|             | Salones   | 200    | 22               | 0,40           | 80             |  |
|             | Oficinas de taquillas                               | 300    | 22               | 0,60           | 80             |  |
| <b>5.3</b>  | <b>Restaurantes y hoteles</b>                       |        |                  |                |                |  |
|             | Carpeta de recepción/cajero, mesa de conserje       | 300    | 22               | 0,60           | 80             |  |
|             | Cocina  | 500    | 22               | 0,60           | 80             | Debe haber una zona de transición entre cocina y restaurante   |
|             | Restaurante, comedor, salón multiuso                | -      | -                | 0,60           | 80             | El alumbrado debe diseñarse para crear la atmósfera apropiada  |
|             | Restaurante de autoservicio                         | 200    | 22               | 0,40           | 80             |  |
|             | Buffet (comidas frías)                              | 300    | 22               | 0,60           | 80             |  |
|             | Salas de conferencias                               | 500    | 19               | 0,60           | 80             | El alumbrado debe ser controlable  |
|             | Corredores (pasillos)                               | 100    | 25               | 0,40           | 80             | Durante la noche son aceptables niveles inferiores   |
|             | Cantinas, tabernas                                  | 200    | 22               | 0,40           | 80             |  |
| <b>5.4</b>  | <b>Teatros, salas de conciertos, salas de cines</b> |        |                  |                |                |  |
|             | Teatros y salas de concierto                        | 300    | 22               | 0,60           | 80             |  |
|             | Salas multipropósito                                | 200    | 22               | 0,60           | 80             | Iluminación a nivel del suelo  |
|             | Locales de ejercicios, vestidores                   | 200    | 22               | 0,50           | 80             | La iluminación de espejos para maquillaje debe estar libre de deslumbramientos. El deslumbramiento perturbador debería evitarse en los espejos para maquillaje |
|             | Museos (general)                                    | 300    | 25               | 0,40           | 80             | Iluminación a nivel del suelo  |
| <b>5.5</b>  | <b>Ferias, pabellones de exposiciones</b>           |        |                  |                |                |  |
|             | Alumbrado general                                   | 300    | 22               | 0,40           | 80             |  |
| <b>5.6</b>  | <b>Peluquerías</b>                                  |        |                  |                |                |  |
|             | Trabajo de peluquería                               | 500    | 19               | 0,60           | 90             |  |
| <b>5.7</b>  | <b>Fabricación de joyas y relojes</b>               |        |                  |                |                |  |
|             | Trabajo con piedras preciosas                       | 1 500  | 16               | 0,70           | 90             | 4 000 K ≤ TCP ≤ 6 500 K  |
|             | Manufactura de joyas                                | 1 000  | 16               | 0,70           | 90             |  |
|             | Fabricación (manual) de relojes                     | 1 500  | 16               | 0,70           | 80             |  |
|             | Fabricación (automática) de relojes                 | 500    | 19               | 0,60           | 80             |  |
| <b>5.8</b>  | <b>Lavanderías y limpieza en seco</b>               |        |                  |                |                |  |
|             | Entrada de la ropa, marcado y clasificación         | 300    | 25               | 0,60           | 80             |  |
|             | Lavado (normal) y en seco                           | 300    | 25               | 0,60           | 80             |  |
|             | Planchado, calandria (prensado)                     | 300    | 25               | 0,60           | 80             |  |
|             | Inspección y arreglos                               | 750    | 19               | 0,70           | 80             |  |

| 6. OFICINAS |  |        |                  |                |                |                        |
|-------------|--|--------|------------------|----------------|----------------|------------------------|
| Nº ref.     | Tipo de interior, tarea o actividad                      | Em lux | UGR <sub>L</sub> | U <sub>o</sub> | R <sub>a</sub> | Requisitos específicos |
|             | Archivo, copia, circulación, etc.                        | 300    | 19               | 0,40           | 80             |                        |
|             | Escritura, mecanografía, lectura, procesamiento de datos | 500    | 19               | 0,60           | 80             |                        |
|             | Estación de trabajo CAD                                  | 500    | 19               | 0,60           | 80             |                        |
|             | Salas de conferencias y reuniones                        | 500    | 19               | 0,60           | 80             |                        |
|             | Archivos   | 200    | 25               | 0,40           | 80             |                        |

| 7. SERVICIOS COMUNALES |                                      |        |                  |                |                |  |
|------------------------|--------------------------------------|--------|------------------|----------------|----------------|--|
| Nº ref.                | Tipo de interior, tarea o actividad  | Em lux | UGR <sub>L</sub> | U <sub>o</sub> | R <sub>a</sub> | Requisitos específicos   |
| <b>7.1</b>             | <b>Museos</b>                        |        |                  |                |                |  |
|                        | Obras exhibidas insensibles a la luz |        |                  |                |                | La iluminación se debe determinar por los requisitos de presentación   |
|                        | Obras exhibidas sensibles a la luz   |        |                  |                |                | 1. La iluminación se debe determinar por los requisitos de presentación<br>2. Es imprescindible la protección contra la radiación dañina |
| <b>7.2</b>             | <b>Bibliotecas</b>                   |        |                  |                |                |  |
|                        | Estanterías (de libros)              | 200    | 19               | 0,40           | 80             |  |
|                        | Áreas de lectura                     | 500    | 19               | 0,60           | 80             |  |
|                        | Mostradores                          | 500    | 19               | 0,60           | 80             |  |
| <b>7.3</b>             | <b>Templos</b>                       |        |                  |                |                |  |
|                        | Nave de iglesia                      | 100    | 25               |                | 80             |  |
|                        | Asientos, altar, púlpito             | 300    | 22               |                | 80             |  |

| 8. RECREACIÓN Y DEPORTES |   |        |                  |                |                |  |
|--------------------------|---|--------|------------------|----------------|----------------|--|
| Nº ref.                  | Tipo de interior, tarea o actividad                     | Em lux | UGR <sub>L</sub> | U <sub>o</sub> | R <sub>a</sub> | Requisitos específicos                                 |
|                          | Salas para ejercicios físicos                           | 300    | 22               | 0,40           | 80             |  |
|                          | Vestuarios, salas de lavado, cuartos de baño, servicios | 200    | 25               | 0,40           | 80             | En cada baño individual si está completamente cerrado. |

| 9. TRANSPORTE Y COMUNICACIONES |  |        |                  |                |                |  |
|--------------------------------|--|--------|------------------|----------------|----------------|--|
| Nº ref.                        | Tipo de interior, tarea o actividad                                | Em lux | UGR <sub>L</sub> | U <sub>o</sub> | R <sub>a</sub> | Requisitos específicos                         |
| <b>9.1</b>                     | <b>Aeropuertos</b>   |        |                  |                |                |  |
|                                | Salones de llegadas y partidas, áreas de recogida de equipaje      | 200    | 22               | 0,40           | 80             |  |
|                                | Áreas de conexión, escaladores (mecánicos), cintas transportadoras | 150    | 22               | 0,40           | 80             |  |
|                                | Mostradores de información, carpeta de chequear                    | 500    | 19               | 0,70           | 80             |  |
|                                | Aduana y control de pasaportes                                     | 500    | 19               | 0,70           | 80             | Tiene que proporcionarse reconocimiento facial |

| 9. TRANSPORTE Y COMUNICACIONES |   |        |                  |                |                |  |
|--------------------------------|---|--------|------------------|----------------|----------------|--|
| Nº ref.                        | Tipo de interior, tarea o actividad               | Em lux | UGR <sub>L</sub> | U <sub>o</sub> | R <sub>a</sub> | Requisitos específicos   |
|                                | Áreas de espera                                   | 200    | 22               | 0,40           | 80             |  |
|                                | Depósitos de equipajes                            | 200    | 25               | 0,40           | 60             |  |
|                                | Áreas de chequeo de seguridad                     | 300    | 19               | 0,60           | 80             |  |
|                                | Torre de control de tráfico                       | 500    | 16               | 0,60           | 80             | 1. La iluminación debe ser regulable<br>2. Se debe evitar el deslumbramiento de luz diurna<br>4. Deben evitarse reflejos en ventanas, especialmente de noche |
|                                | Hangares de pruebas y reparaciones                | 500    | 22               | 0,60           | 80             |  |
|                                | Área de prueba de máquinas                        | 500    | 22               | 0,60           | 80             |  |
|                                | Áreas de medición en hangares                     | 500    | 22               | 0,40           | 80             |  |
| <b>9.2</b>                     | <b>Terrapuestos</b>                               |        |                  |                |                |  |
|                                | Andenes completamente cubiertos,                  | 100    | -                |                | 40             | 1. Prestar especial atención al borde de la plataforma<br>2. Evitar el deslumbramiento para conductores de vehículos<br>3. Iluminancia a nivel del suelo     |
|                                | Pasos subterráneos de pasajeros,                  | 50     | 28               | 0,50           | 40             | Iluminancia a nivel del suelo  |
|                                | Sala de taquillas y vestíbulo                     | 200    | 28               | 0,50           | 40             |  |
|                                | Oficinas de billetes, de equipaje y de contadores | 300    | 19               | 0,50           | 80             |  |
|                                | Salas de espera                                   | 200    | 22               | 0,50           | 80             |  |
|                                | Vestíbulos de entrada, vestíbulos de estación     | 200    | -                | 0,40           | 80             |  |
|                                | Salas de contadores y máquinas                    | 200    | 28               | 0,40           | 60             | Los colores de seguridad deben ser reconocibles  |
|                                | Túneles de acceso                                 | 50     | -                | 0,40           | 20             | Iluminancia a nivel del suelo  |
|                                | Naves de mantenimiento y servicio                 | 300    | 22               | 0,40           | 60             |  |

| 10. ESTACIONAMIENTOS |  |        |                  |                |                |  |
|----------------------|--|--------|------------------|----------------|----------------|--|
| Nº ref.              | Tipo de interior, tarea o actividad        | Em lux | UGR <sub>L</sub> | U <sub>o</sub> | R <sub>a</sub> | Requisitos específicos   |
|                      | Rampas entrada / salida (durante el día)   | 300    | 25               | 0,40           | 40             | 1. Iluminancias a nivel del suelo<br>2. Se deben reconocer los colores de seguridad  |
|                      | Rampas entrada / salida (durante la noche) | 75     | 25               | 0,40           | 40             | 1. Iluminancias a nivel del suelo<br>2. Se deben reconocer los colores de seguridad  |
|                      | Calles interiores                          | 75     | 25               | 0,40           | 40             | 1. Iluminancias a nivel del suelo<br>2. Se deben reconocer los colores de seguridad  |
|                      | Áreas de parqueo                           | 75     | -                | 0,40           | 40             | 1. Iluminancias a nivel del suelo<br>2. Se deben reconocer los colores de seguridad<br>3. Una elevada iluminancia vertical aumenta el reconocimiento de las caras de las personas y, por ello, la sensación de seguridad |
|                      | Caja                                       | 300    | 19               | 0,60           | 80             | 1. Deben evitarse los reflejos en las ventanas<br>2. Debe prevenirse el deslumbramiento desde el exterior  |

**ANEXO 2: Norma básica de ergonomía y de procedimiento de evaluación  
de riesgo disergonómico**

## APRUEBAN LA NORMA BÁSICA DE ERGONOMÍA Y DE PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN DE RIESGO DISERGONÓMICO

Lima,

**VISTOS:** El Oficio N° 2042-2008-MTPE/2 del Despacho del Vice Ministro de Trabajo, y el Oficio N° 899-2008-MTPE/2/12.4 de la Dirección de Protección del Menor y de la Seguridad y Salud en el Trabajo; y,

### **CONSIDERANDO:**

Que, el literal o) del artículo 5º de la Ley N° 27711, Ley del Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo, señala que el Sector Trabajo tiene como atribuciones definir, concertar, coordinar, dirigir, supervisar y evaluar la política de higiene y seguridad ocupacional, y establecer las normas de prevención y protección contra riesgos ocupacionales que aseguren la salud integral de los trabajadores, en aras del mejoramiento de las condiciones y el medio ambiente de trabajo;

Que, la Octava Disposición Transitoria del Reglamento de Seguridad y Salud en el Trabajo, establece que el Registro de Monitoreo de Agentes y Factores de Riesgo Disergonómico será obligatorio una vez que se apruebe el instrumento para el monitoreo de agentes y factores de riesgo disergonómico, por lo que se hace necesario contar con un procedimiento de evaluación de los aspectos ergonómicos;

Que, el Sector ha procedido a la elaboración de la Norma Básica de Ergonomía y de Procedimiento de Evaluación de Riesgo Disergonómico, con la finalidad que las empresas puedan aplicarlas en sus diferentes áreas y puestos de trabajo, así como a sus respectivas tareas, contribuyendo de esa forma al bienestar físico, mental y social del trabajador;

Que, en mérito a lo expuesto en los párrafos precedentes, es necesario emitir el acto administrativo que apruebe la Norma Básica de Ergonomía y de Procedimiento de Evaluación de Riesgo Disergonómico, en cumplimiento de lo establecido en el Reglamento de Seguridad y Salud en el Trabajo, aprobado mediante Decreto Supremo N° 009-2005-TR;

Con las visaciones del Vice Ministro de Trabajo y del Director General de la Oficina de Asesoría Jurídica; y,

De conformidad con lo dispuesto en el artículo 8º de la Ley N° 27711, Ley del Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo, los artículos 11º y 12º literal d) de su Reglamento de Organización y Funciones, aprobado por Resolución Ministerial N° 173-2002-TR y sus modificatorias, y el artículo 25º numeral 8) de la Ley N° 29158, Ley Orgánica del Poder Ejecutivo;

### **SE RESUELVE:**

**Artículo 1º.-** Aprobar la “Norma Básica de Ergonomía y de Procedimiento de Evaluación de Riesgo Disergonómico”, en mérito a los fundamentos expuestos en la parte considerativa de la presente resolución ministerial, que en anexo forma parte de la misma.

**Artículo 2º.-** La Autoridad Administrativa de Trabajo, es responsable de velar por el cumplimiento de la presente Norma.

**Artículo 3º.-** El anexo de la presente Norma deberá ser registrada en el Portal del Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo, [www.mintra.gob.pe](http://www.mintra.gob.pe), dentro de los dos días siguientes de su publicación en el Diario Oficial El Peruano, siendo responsable de su cumplimiento la Oficina General de Estadística e Informática.

**Regístrese, comuníquese y publíquese.**

## ANEXO 1

### NORMA BÁSICA DE ERGONOMÍA Y DE PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN DE RIESGO DISERGONÓMICO

#### TÍTULO I DISPOSICIONES GENERALES

1. La Norma Básica de Ergonomía y de Procedimiento de Evaluación de Riesgo Disergonómico tiene por objetivo principal establecer los parámetros que permitan la adaptación de las condiciones de trabajo a las características físicas y mentales de los trabajadores con el fin de proporcionarles bienestar, seguridad y mayor eficiencia en su desempeño, tomando en cuenta que la mejora de las condiciones de trabajo contribuye a una mayor eficacia y productividad empresarial.

La presente Norma incluye los siguientes contenidos:

- ❖ Manipulación manual de cargas;
- ❖ Carga límite recomendada;
- ❖ Posicionamiento postural en los puestos de trabajo;
- ❖ Equipos y herramientas en los puestos de trabajo;
- ❖ Condiciones ambientales de trabajo;
- ❖ Organización del trabajo;
- ❖ Procedimiento de evaluación de riesgo disergonómico; y,
- ❖ Matriz de identificación de riesgos disergonómicos.

La evaluación ergonómica, a partir del concepto amplio de bienestar y confort para la mejora de la productividad, deberá formar parte de los procesos preventivos en las empresas, cualquiera que sea su actividad.

2. Estas normas básicas de ergonomía tienen por objetivos específicos:

- ❖ Reconocer que los factores de riesgo disergonómico son un importante problema del ámbito de la salud ocupacional.
- ❖ Reducir la incidencia y severidad de los disturbios músculos esqueléticos relacionados con el trabajo.
- ❖ Disminuir los costos por incapacidad de los trabajadores.
- ❖ Mejorar la calidad de vida del trabajo.
- ❖ Disminuir el absentismo de trabajo.
- ❖ Aumentar la productividad de las empresas.
- ❖ Involucrar a los trabajadores como participantes activos e íntegramente informados de los factores de riesgo disergonómico que puedan ocasionar disturbios músculo - esqueléticos.
- ❖ Establecer un control de riesgos disergonómicos mediante un programa de ergonomía integrado al sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo de la empresa.

## TÍTULO II GLOSARIO DE TÉRMINOS

3. Para efectos de la presente Norma, se deberá entender por:

### **3.1. Análisis de trabajo**

Es la metodología utilizada en ergonomía para describir las actividades con el propósito de conocer las demandas que implican y compararlas con las capacidades humanas.

### **3.2. Carga**

Cualquier objeto susceptible de ser movido. Incluye, por ejemplo, la manipulación de personas (como los pacientes en un hospital) y la manipulación de animales en una granja o en una clínica veterinaria. Se considerarán también cargas los materiales que se manipulen, por ejemplo, por medio de una grúa u otro medio mecánico, pero que requieran aún del esfuerzo humano para moverlos o colocarlos en su posición definitiva.

### **3.3. Carga de trabajo**

Es el conjunto de requerimientos físicos y mentales a los que se ve sometido el trabajador a lo largo de su jornada laboral.

### **3.4. Carga física de trabajo**

Entendida como el conjunto de requerimientos físicos a los que la persona está expuesta a lo largo de su jornada laboral, y que de forma independiente o combinada, pueden alcanzar un nivel de intensidad, duración o frecuencia suficientes para causar un daño a la salud a las personas expuestas.

### **3.5. Carga mental de trabajo**

Es el esfuerzo intelectual que debe realizar el trabajador, para hacer frente al conjunto de demandas que recibe en el curso de realización de su trabajo. Este factor valora la carga mental a partir de los siguientes indicadores:

- Las presiones de tiempo: contempla a partir del tiempo asignado a la tarea, la recuperación de retrasos y el tiempo de trabajo con rapidez.
- Esfuerzo de atención: este viene dado por una parte, por la intensidad o el esfuerzo de concentración o reflexión necesarias para recibir las informaciones del proceso y elaborar las respuestas adecuadas y por la constancia con que debe ser sostenido este esfuerzo. El esfuerzo de atención puede incrementarse en función de la frecuencia de aparición de incidentes y las consecuencias que pudieran ocasionarle durante el proceso por una equivocación del trabajador.
- La fatiga percibida: la fatiga es una de las principales consecuencias que se desprende de una sobrecarga de las exigencias de la tarea.
- El número de informaciones que se precisan para realizar la tarea y el nivel de complejidad de las mismas, son dos factores a considerar para determinar la sobrecarga; así se mide la cantidad de información manejada y la complejidad de esa información.
- La percepción subjetiva de la dificultad que tiene para el trabajador su trabajo.

### **3.6. Ergonomía**

Llamada también ingeniería humana, es la ciencia que busca optimizar la interacción entre el trabajador, máquina y ambiente de trabajo con el fin de adecuar los puestos, ambientes y la organización del trabajo a las capacidades y limitaciones de los trabajadores, con el fin de minimizar el estrés y la fatiga y con ello incrementar el rendimiento y la seguridad del trabajador.

### **3.7. Factores de Riesgo Biopsicosociales**

Se llaman así, a aquellas condiciones que se encuentran presentes en una situación laboral y que están directamente relacionadas con el ambiente, la organización, el contenido del trabajo y la realización de las tareas, y que afectan el bienestar o a la salud (física, psíquica y social) del trabajador, así como al desarrollo del trabajo.

### **3.8. Factores de Riesgo Disergonómico**

Es aquel conjunto de atributos de la tarea o del puesto, más o menos claramente definidos, que inciden en aumentar la probabilidad de que un sujeto, expuesto a ellos, desarrolle una lesión en su trabajo. Incluyen aspectos relacionados con la manipulación manual de cargas, sobreesfuerzos, posturas de trabajo, movimientos repetitivos.

### **3.9. Fatiga**

Consecuencia lógica del esfuerzo realizado, y debe estar dentro de unos límites que permitan al trabajador recuperarse después de una jornada de descanso. Este equilibrio se rompe si la actividad laboral exige al trabajador energía por encima de sus posibilidades, con el consiguiente riesgo para la salud.

### **3.10. Manipulación manual de cargas**

Cualquier operación de transporte o sujeción de una carga por parte de uno o varios trabajadores, como el levantamiento, la colocación, el empuje, la tracción o el desplazamiento, que por sus características o condiciones ergonómicas inadecuadas entrañe riesgos, en particular dorso – lumbares, para los trabajadores.

### **3.11. Medicina Ocupacional o del Trabajo**

Es el conjunto de las actividades de las Ciencias de la Salud dirigidas hacia la promoción de la calidad de vida de los trabajadores, el diagnóstico precoz y el tratamiento oportuno; asimismo, se refiere a la rehabilitación y la readaptación laboral, y la atención de las contingencias derivadas de los accidentes de trabajo y de las enfermedades profesionales u ocupacionales (ATEP ó ATEO), a través del mantenimiento y mejoramiento de sus condiciones de salud.

### **3.12. Plano de trabajo**

Es la altura en la que se desarrolla una tarea. Para trabajos de precisión se fija a la altura de los brazos con los puños entrelazados y, en cambio, para trabajos medianos demandantes de fuerza moderada se fija a la altura de los codos; asimismo, para trabajos demandantes de esfuerzo se fija a la altura de las muñecas.

### **3.13. Posturas forzadas**

Se definen como aquellas posiciones de trabajo que supongan que una o varias regiones anatómicas dejan de estar en una posición natural de confort para pasar a una posición que genera hiperextensiones, hiperflexiones y/o hiperrotaciones osteoarticulares, con la consecuente producción de lesiones por sobrecarga.

### **3.14. Puesto de trabajo**

Trabajo total asignado a un trabajador individual, está constituido por un conjunto específico de funciones, deberes y responsabilidades. Supone en su titular ciertas aptitudes generales, ciertas capacidades concretas y ciertos conocimientos prácticos relacionados con las maneras internas de funcionar y con los modos externos de relacionarse.

### **3.15. Riesgo Disergonómico**

Entenderemos por riesgo disergonómico, aquella expresión matemática referida a la probabilidad de sufrir un evento adverso e indeseado (accidente o enfermedad) en el trabajo, y condicionado por ciertos factores de riesgo disergonómico.

### **3.16. Sistemas de gestión de la seguridad y salud en el trabajo**

Conjunto de elementos interrelacionados o interactivos que tienen por objeto establecer una política y objetivos de seguridad y salud en el trabajo, y los mecanismos y acciones necesarios para alcanzar dichos objetivos.

### **3.17. Tarea**

Acto o secuencia de actos agrupados en el tiempo, destinados a contribuir a un resultado final específico, para el alcance de un objetivo

### **3.18. Trabajador adolescente**

Refiere a aquel trabajador comprendido entre los catorce (14) y los diecisiete (17) años de edad.

### **3.19. Trabajador entrenado**

Refiere a aquel trabajador mayor de dieciocho (18) años de edad, que realice tareas de manipulación de cargas en un tiempo no menor de 2 horas por día.

### **3.20. Trabajo repetitivo**

Movimientos continuos mantenidos durante un trabajo que implica la acción conjunta de los músculos, los huesos, las articulaciones y los nervios de una parte del cuerpo, y que puede provocar en esta misma zona la fatiga muscular, la sobrecarga, el dolor y, por último, una lesión.

### **3.21. Trabajos con pantallas de visualización de datos**

Involucra la labor que realiza un trabajador en base al uso del hardware y el software (los que forman parte de la ofimática). Se consideran trabajadores usuarios de pantallas de visualización a todos aquellos que superen las 4 horas diarias o 20 horas semanales de trabajo efectivo con dichos equipos.

### **3.22. Trastornos músculo esqueléticos**

Son lesiones de músculos, tendones, nervios y articulaciones que se localizan con más frecuencia en cuello, espalda, hombros, codos, muñecas y manos. Reciben nombres como: contracturas, tendinitis, síndrome del túnel carpiano, lumbalgias, cervicalgias, dorsalgias, etc. El síntoma predominante es el dolor, asociado a la inflamación, pérdida de fuerza, y dificultad o imposibilidad para realizar algunos movimientos.

### TÍTULO III MANIPULACIÓN MANUAL DE CARGAS

4. No debe exigirse o permitirse el transporte de carga manual, para un trabajador cuyo peso es susceptible de comprometer su salud o su seguridad. En este supuesto, conviene adoptar la recomendación NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health):

| Situación  | Peso máximo | % de población protegida |
|--|-------------|--------------------------|
| En general                                       | 25 Kg.      | 85 %                     |
| Mayor protección                                 | 15 Kg.      | 95 %                     |
| Trabajadores entrenados y/o situaciones aisladas | 40 kg.      | No disponible            |

5. Cuando las mujeres y los trabajadores adolescentes sean designados para la manipulación manual de carga, el peso máximo de carga debe ser claramente inferior a la permitida para los hombres, tomando como referencia la siguiente tabla:

| Situación  | Peso máximo | % de población protegida |
|--|-------------|--------------------------|
| En general                                       | 15 Kg.      | 85 %                     |
| Mayor protección                                 | 9 Kg.       | 95 %                     |
| Trabajadores entrenados y/o situaciones aisladas | 24 kg.      | No disponible            |

6. Cuando las cargas sean mayores de 25 Kg. para los varones y 15 Kg. para las mujeres, el empleador favorecerá la manipulación de cargas utilizando ayudas mecánicas apropiadas.

7. La carga máxima recomendada se podrá obtener utilizando la ecuación de NIOSH (1994) donde se consideran las siguientes variables:

$$LPR = LC \cdot HM \cdot VM \cdot DM \cdot AM \cdot FM \cdot CM$$

LC : constante de carga

HM : factor de distancia horizontal

VM : factor de altura

DM : factor de desplazamiento vertical

AM : factor de asimetría

FM : factor de frecuencia

CM : factor de agarre

8. El transporte de materiales, realizado con carretas u otros equipos mecánicos donde se utilice la tracción humana, deben aplicarse de manera que el esfuerzo físico realizado por el trabajador sea compatible con su capacidad de fuerza, y no ponga en peligro su salud o su seguridad.

Los límites permisibles son:

| <b>Condición</b>   | <b>Hombres</b> | <b>Mujeres</b> |
|--|----------------|----------------|
| Fuerza necesaria para sacar del reposo o detener una carga | 25 Kg.         | 15 Kg.         |
| Fuerza necesaria para mantener la carga en movimiento      | 10 Kg.         | 7 Kg.          |

Las medidas serán realizadas con un dinamómetro en terreno plano y con llantas adecuadas.

9. Si las cargas son voluminosas y mayores de 60 cm. de ancho por 60 cm. de profundidad, el empleador deberá reducir el tamaño y el volumen de la carga.

10. Se deberá reducir las distancias de transporte con carga, tanto como sea posible.

11. Se deberá evitar manejar cargas subiendo cuestas, escalones o escaleras.

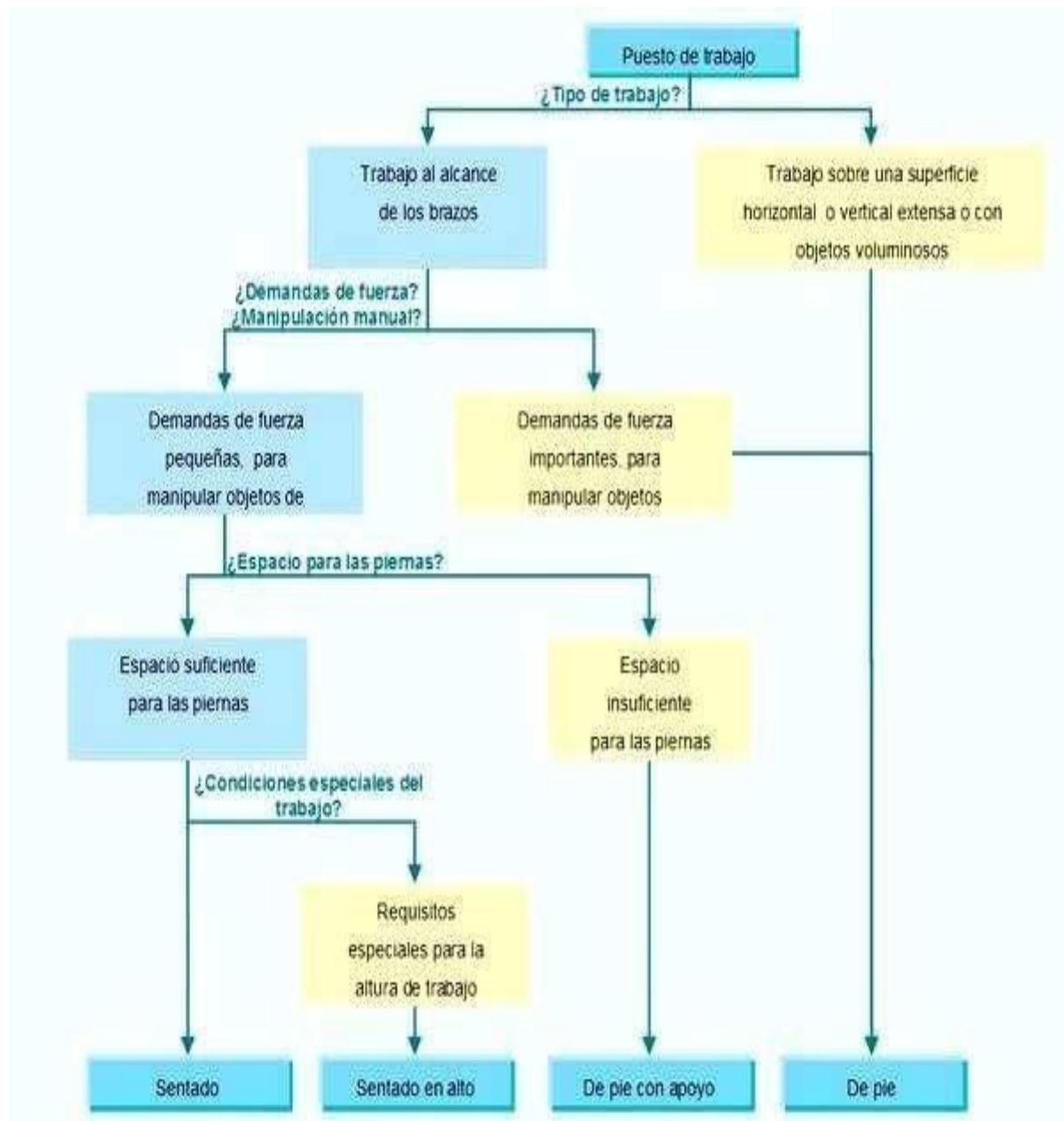
12. Si la mujer está embarazada, no se le permitirá la manipulación manual de cargas y deberá ser reubicada en otro puesto.

13. Todos los trabajadores asignados a realizar el transporte manual de cargas, deben recibir una formación e información adecuada o instrucciones precisas en cuanto a las técnicas de manipulación que deben utilizarse, con el fin de salvaguardar su salud y la prevención de accidentes.

## TÍTULO IV POSICIONAMIENTO POSTURAL EN LOS PUESTOS DE TRABAJO

14. Existen básicamente dos formas o posibilidades de trabajo: de pie o sentado. Se tratará en lo posible de alternar dichas posibilidades, para que un tiempo el trabajador se encuentre de pie y otro tiempo sentado.

Se puede utilizar el siguiente diagrama para el posicionamiento postural en los puestos de trabajo:



15. Los trabajos o las tareas que se tienen que realizar de pie deben cumplir los siguientes requisitos mínimos:

- a) Evitar que en el desarrollo de las tareas se utilicen flexión y torsión del cuerpo combinados; esta combinación es el origen y causa de la mayoría de las lesiones músculo esqueléticas.

- b) El plano de trabajo debe tener la altura y características de la superficie de trabajo compatible con el tipo de actividad que se realiza, diferenciando entre trabajos de precisión, trabajos de fuerza moderada o trabajos de fuerzas demandantes.
- c) El puesto de trabajo deberá tener las dimensiones adecuadas que permitan el posicionamiento y el libre movimiento de los segmentos corporales. Se deben evitar las restricciones de espacio, que pueden dar lugar a giros e inclinaciones del tronco que aumentarán considerablemente el riesgo de lesión.
- d) Las tareas de manipulación manual de cargas se han de realizar preferentemente encima de superficies estables, de forma que no sea fácil perder el equilibrio.
- e) Las tareas no se deberán realizar por encima de los hombros ni por debajo de las rodillas.
- f) Los comandos manuales deberán ofrecer buenas condiciones de seguridad, manipulación y agarre. Permitirán, además, evitar errores en su interpretación, una buena visualización y fácil operación.
- g) Los pedales y otros controles para utilizar los pies, deben tener una buena ubicación y dimensiones que permitan su fácil acceso.
- h) El calzado ha de constituir un soporte adecuado para los pies, ser estable, con la suela no deslizante, y proporcionar una protección adecuada del pie contra la caída de objetos.
- i) Para las actividades en las que el trabajo debe hacerse utilizando la postura de pie, se debe poner asientos para descansar durante las pausas.
- j) Todos los empleados asignados a realizar tareas en postura de pie deben recibir una formación e información adecuada, o instrucciones precisas en cuanto a las técnicas de posicionamiento postural y manipulación de equipos, con el fin de salvaguardar su salud.

16. Los trabajos que se puedan realizar en posición sentada deben cumplir los siguientes requisitos mínimos:

- a) El mobiliario debe estar diseñado o adaptado para esta postura, de preferencia que sean regulables en altura, para permitir su utilización por la mayoría de los usuarios.
- b) El plano de trabajo debe situarse teniendo en cuenta las características de la tarea y las medidas antropométricas de las personas; debe tener las dimensiones adecuadas que permitan el posicionamiento y el libre movimiento de los segmentos corporales. Se deben evitar las restricciones de espacio y colocar objetos que impidan el libre movimiento de los miembros inferiores.
- c) El tiempo efectivo de la entrada de datos en computadoras no debe exceder el plazo máximo de cinco (5) horas, y se podrá permitir que en el período restante del día, el empleado puede ejercer otras actividades.
- d) Las actividades en la entrada de datos tendrán como mínimo una pausa de diez (10) minutos de descanso por cada 50 (cincuenta) minutos de trabajo, y no serán deducidas de la jornada de trabajo normal.
- e) Se incentivarán los ejercicios de estiramiento en el ambiente laboral.
- f) Todos los empleados asignados a realizar tareas en postura sentada deben recibir una formación e información adecuada, o instrucciones precisas en cuanto a las técnicas de posicionamiento y utilización de equipos, con el fin de salvaguardar su salud.

17. Los asientos utilizados en los puestos de trabajo deberán cumplir los siguientes requisitos mínimos de confort:

- a) La silla debe permitir libertad de movimientos. Los ajustes deberán ser accionados desde la posición normal de sentado.
- b) La altura del asiento de la silla debe ser regulable (adaptable a las distintas tipologías físicas de las personas); la ideal es la que permite que la persona se siente con los pies planos sobre el suelo y los muslos en posición horizontal con respecto al cuerpo o formando un ángulo entre 90 y 110 grados. Con esas características, la altura de la mesa se concretará a la altura del codo.
- c) En trabajos administrativos, la silla debe tener al menos 5 ruedas para proporcionar una estabilidad adecuada
- d) Las sillas de trabajo deberán tener un tapiz redondeado para evitar compresión mecánica del muslo; el material de revestimiento del asiento de la silla es recomendable que sea de tejido transpirable y flexible y que tenga un acolchamiento de 20 mm. de espesor, como mínimo. El material de la tapicería y el del revestimiento interior tienen que permitir una buena disipación de la humedad y del calor. Así mismo, conviene evitar los materiales deslizantes.
- e) El respaldo de la silla debe ser regulable en altura y ángulo de inclinación. Su forma debe ser anatómica, adaptada al cuerpo para proteger la región lumbar.
- f) Los reposa brazos son recomendables para dar apoyo y descanso a los hombros y a los brazos, aunque su función principal es facilitar los cambios de posturas y las acciones de sentarse y levantarse de la silla.

## **TÍTULO V EQUIPOS Y HERRAMIENTAS EN LOS PUESTOS DE TRABAJO DE PRODUCCION**

18. Todos los equipos y herramientas que componen un puesto de trabajo deben estar adaptados a las características físicas y mentales de los trabajadores, y a la naturaleza del trabajo que se esté realizando.

19. Las herramientas se seleccionaran de acuerdo a los siguientes criterios:

- ❖ Son adecuadas para las tareas que se están realizando.
- ❖ Se ajustan al espacio disponible en el trabajo.
- ❖ Reducen la fuerza muscular que se tiene que aplicar.
- ❖ Se ajustan a la mano y todos los dedos circundan el mango.
- ❖ Pueden ser utilizadas en una postura cómoda de trabajo.
- ❖ No causan presión de contacto dañino ni tensión muscular.
- ❖ No causan riesgos de seguridad y salud.

20. Todos los empleados asignados a utilizar las herramientas de trabajo, deben recibir una formación e información adecuada o instrucciones precisas en cuanto a las técnicas de utilización que deben realizarse, con el fin de salvaguardar su salud y la prevención de accidentes.

**TÍTULO VI  
EQUIPOS EN LOS PUESTOS DE TRABAJO INFORMATICOS**

21. Los equipos utilizados en el trabajo informático, deberán observar las siguientes características:

- a) Los equipos deben tener condiciones de movilidad suficiente para permitir el ajuste hacia el trabajador.
- b) Las pantallas deben tener protección contra reflejos, parpadeos y deslumbramientos. Deberán tener regulación en altura y ángulos de giro.
- c) La pantalla debe ser ubicada de tal forma que la parte superior de la pantalla se encuentre ubicada a la misma altura que los ojos, dado que lo óptimo es mirar hacia abajo en vez que hacia arriba.
- d) La pantalla se colocará a una distancia no superior del alcance de los brazos, antebrazos y manos extendidas, tomada cuando la espalda esta apoyada en el respaldar de la silla. De esta manera se evita la flexoextensión del tronco.
- e) El teclado debe ser independiente y tener la movilidad que permita al trabajador adaptarse a las tareas a realizar, debe estar en el mismo plano que el ratón para evitar la flexoextensión del codo.
- f) Proporcionar un apoyo adecuado para los documentos (atril), que podrá ajustarse y proporcionar una buena postura, evitando el frecuente movimiento del cuello y la fatiga visual.

**TÍTULO VII  
CONDICIONES AMBIENTALES DE TRABAJO**

22. Las condiciones ambientales de trabajo deben ajustarse a las características físicas y mentales de los trabajadores, y a la naturaleza del trabajo que se esté realizando.

23. En cuanto a los trabajos o las tareas, debe tomarse en cuenta que el tiempo de exposición al ruido industrial observará de forma obligatoria el siguiente criterio:

| Duración (Horas) | Nivel de ruido dB |
|------------------|-------------------|
| 24               | 80                |
| 16               | 82                |
| 12               | 83                |
| 8                | 85                |
| 4                | 88                |
| 2                | 91                |
| 1                | 94                |

24. La dosis de ruido se determinara de acuerdo a la siguiente expresión:

$$D = C1/T1 + C2/T2 + C3/T3 + \dots + Cn/Tn$$

Siendo:

Cn = N° de horas de exposición al nivel equivalente i  
 Tn = N° de horas permisibles al nivel equivalente i (L-85)/3  
 Tn = N° de horas permisibles al nivel equivalente i  
 L = Nivel equivalente de ruido

$$T_n = \frac{8}{2^{(L-85)/3}}$$

25. En los lugares de trabajo, donde se ejecutan actividades que requieren una atención constante y alta exigencia intelectual, tales como: centros de control, laboratorios, oficinas, salas de reuniones, análisis de proyectos, entre otros, el ruido equivalente deberá ser menor de 65 dB.

26. El ambiente térmico se medirá con el índice WBGT (West Bulb Globe Temperatura):

**Trabajo al aire libre con carga solar**

$$WBGT = 0.7 T_{bh} + 0.2 T_g + 0.1 T_{bs}$$

**Trabajo al aire libre sin carga solar o bajo techo**

$$WBGT = 0.7 T_{bh} + 0.3 T_g$$

Siendo:

Tbh = Temperatura de bulbo húmedo  
 Tbs = Temperatura de bulbo seco  
 Tg = Temperatura de globo

27. Los valores límite de WBGT - Norma ISO 7247, son los siguientes:

| Rubro<br>Categoría de trabajo    | Aclimatado |          |        |            | No aclimatado |          |        |            |
|----------------------------------|------------|----------|--------|------------|---------------|----------|--------|------------|
|                                  | Leve       | Moderada | Pesada | Muy pesada | Leve          | Moderada | Pesada | Muy pesada |
| 100 % de trabajo                 | 29.5       | 27.5     | 26     |            | 27.5          | 25       | 22.5   |            |
| 75 % de trabajo<br>25 % descanso | 30.5       | 28.5     | 27.5   |            | 29            | 26.5     | 24.5   |            |
| 50 % de trabajo<br>50 % descanso | 31.5       | 29.5     | 28.5   | 27.5       | 30            | 28       | 26.5   | 25         |
| 25 % trabajo<br>75% descanso     | 32.5       | 31       | 30     | 29.5       | 31            | 29       | 28     | 26.5       |

Fuente: American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH).

28. La velocidad del aire tendrá las siguientes características.

- ❖ 0,25 m/s para trabajo en ambientes no calurosos.

- ❖ 0,50 m/s para trabajos sedentarios en ambientes calurosos.
- ❖ 0,75 m/s para trabajos no sedentarios en ambientes calurosos.

29. En los lugares de trabajo donde se usa aire acondicionado la humedad relativa se situará entre 40% (cuarenta) por ciento y 90 % (noventa) por ciento.

30. En todos los lugares de trabajo debe haber una iluminación homogénea y bien distribuida, sea del tipo natural o artificial o localizada, de acuerdo a la naturaleza de la actividad, de tal forma que no sea un factor de riesgo para la salud de los trabajadores al realizar sus actividades.

31. Los niveles mínimos de iluminación que deben observarse en el lugar de trabajo son los valores de iluminancias establecidos por la siguiente tabla:

| TAREA VISUAL   | DEL PUESTO DE TRABAJO  | ÁREA DE TRABAJO (Lux) |
|--|--|-----------------------|
| En exteriores: distinguir el área de tránsito,   | Áreas generales exteriores: patios y Estacionamientos  | 20                    |
| En interiores: distinguir el área de tránsito, desplazarse caminando, vigilancia, movimiento de vehículos  | Áreas generales interiores: almacenes de poco movimiento, pasillos, escaleras, estacionamientos cubiertos, labores en minas subterráneas, iluminación de emergencia. | 50                    |
| Requerimiento visual simple: inspección visual, recuento de piezas, trabajo en banco máquina   | Áreas de servicios al personal: almacenaje rudo, recepción y despacho, casetas de vigilancia, cuartos de compresores y calderos.                                     | 200                   |
| Distinción moderada de detalles: ensamble simple, trabajo medio en banco y máquina, inspección simple, empaque y trabajos de oficina.  | Talleres: áreas de empaque y ensamble, aulas y oficinas  | 300                   |
| Distinción clara de detalles: maquinado y acabados delicados, ensamble e inspección moderadamente difícil, captura y procesamiento de información, manejo de instrumentos y equipo de laboratorio. | Talleres de precisión: salas de cómputo, áreas de dibujo, laboratorios.  | 500                   |
| Distinción fina de detalles: maquinado de precisión, ensamble e inspección de trabajos delicados, manejo de instrumentos y equipo de precisión, manejo de piezas pequeñas.                         | Talleres de alta precisión: de pintura y acabado de superficies, y laboratorios de control de calidad.   | 750                   |
| Alta exactitud en la distinción de detalles: Ensamble, proceso e inspección de piezas pequeñas y complejas y acabado con pulidos finos.  | Áreas de proceso: ensamble e inspección de piezas complejas y acabados con pulido fino.  | 1000                  |
| Alto grado de especialización en la distinción de detalles.  | Áreas de proceso de gran exactitud.  | 2000                  |

32. Los límites de la exposición de mano-brazo en cualquiera de las direcciones x,y,z (ACGIH), se rigen bajo el siguiente criterio:

| Duración de la exposición (Horas/día) | Aceleración que no debe ser excedida akeq (m/s <sup>2</sup> ) |
|---------------------------------------|---|
| 4 -8                                  | 4   |
| 2 -4                                  | 6   |
| 1 -2                                  | 8   |
| Menos de 1                            | 12  |

33. Los límites de la exposición cuerpo total en cualquiera de las direcciones x,y,z (ACGIH), se rigen por la siguiente tabla:

| <b>Limite de exposición diaria<br/>8 horas</b> | <b>Nivel de acción<br/>akeq (m/s<sup>2</sup>)</b> | <b>Limite<br/>akeq (m/s<sup>2</sup>)</b> |
|--|---|--|
| Cuerpo entero                                  | 0,5   | 1,15                                     |

34. Los límites permisibles para las radiaciones electromagnéticas se establecerán de conformidad con los límites establecidos por la ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists).

35. Los límites permisibles para las sustancias químicas se establecerán de acuerdo a los límites establecidos en el Reglamento sobre Valores Límite Permisibles para Agentes Químicos en el Ambiente de Trabajo, aprobado mediante Decreto Supremo Nº 015-2005-SA.

## **TÍTULO VIII ORGANIZACIÓN DEL TRABAJO**

36. La organización del trabajo debe ser adecuada a las características físicas y mentales de los trabajadores y la naturaleza del trabajo que se esté realizando.

37. La organización del trabajo o tareas deben cumplir los siguientes requisitos mínimos:

- a) El empleador impulsará un clima de trabajo adecuado, definiendo claramente el rol que la corresponde y las responsabilidades que deba cumplir cada uno de los trabajadores.
- b) Se debe establecer un ritmo de trabajo adecuado que no comprometa la salud y seguridad del trabajador.
- c) Elevar el contenido de las tareas, evitando la monotonía y propiciando que el trabajador participe en tareas diversas.
- d) La empresa debe proporcionar capacitación y entrenamiento para el desarrollo profesional.
- e) Se deben incluir las pausas para el descanso; son más aconsejables las pausas cortas y frecuentes que las largas y escasas.
- f) Los lugares de trabajo deben contar con sanitarios separados para hombres y mujeres, estos sanitarios deben en todo momento estar limpios e higiénicos. Las instalaciones de la empresa deben contar además con un comedor donde los trabajadores puedan ingerir sus alimentos en condiciones sanitarias adecuadas, debiéndose proporcionar casilleros para los utensilios personales.

## **TÍTULO IX IDENTIFICACION DE LOS FACTORES DE RIESGO DISERGONÓMICO**

38. Si el empleador tiene entre sus tareas algunos de los siguientes factores de riesgo disergonómico significativo, deberá incluirlas en su matriz de riesgo disergonómico y será sujeto de evaluación y calificación más detallada, tomando en consideración la siguiente tabla:

| <b>Factores de riesgo disergonómico</b>     |   |
|---|---|
| Posturas incómodas o forzadas               | Las manos por encima de la cabeza (*)<br>Codos por encima del hombro (*)<br>Espalda inclinada hacia adelante más de 30 grados (*)<br>Espalda en extensión más de 30 grados (*)<br>Cuello doblado / girado más de 30 grados (*)<br>Estando sentado, espalda inclinada hacia adelante más de 30 grados (*)<br>Estando sentado, espalda girada o lateralizada más de 30 grados (*)<br>De cuclillas (*)<br>De rodillas (*)<br>(*) Más de 2 horas en total por día |
| Levantamiento de carga frecuente            | 40 KG. una vez / día (*)<br>25 KG. más de doce veces / hora (*)<br>5 KG más de dos veces / minuto (*)<br>Menos de 3 Kg. Mas de cuatro veces / min. (*)<br>(*) Durante más de 2 horas por día  |
| Esfuerzo de manos y muñecas                 | Si se manipula y sujeta en pinza un objeto de más de 1 Kg. (*)<br>Si las muñecas están flexionadas, en extensión, giradas o lateralizadas haciendo un agarre de fuerza (*).<br>Si se ejecuta la acción de atornillar de forma intensa (*)<br>(*) Más de 2 horas por día.  |
| Movimientos repetitivos con alta frecuencia | El trabajador repite el mismo movimiento muscular más de 4 veces/min.<br>Durante más de 2 horas por día. En los siguientes grupos musculares:<br>Cuello, hombros, codos, muñecas, manos,  |
| Impacto repetido                            | usando manos o rodillas como un martillo más de 10 veces por hora, más de 2 horas por día   |
| Vibración de brazo-mano de moderada a alta  | Nivel moderado: mas 30 min./día.<br>nivel alto: mas 2horas/día  |

39. La metodología para la evaluación de riesgos disergonómicos, deberá observar las siguientes pautas:

- ❖ Ubicar el área de trabajo.
- ❖ Establecer los puestos de trabajo.
- ❖ Determinar las tareas más representativas del puesto de trabajo y susceptibles de encontrarlas en el trabajo cotidiano.
- ❖ Identificar y evaluar los riesgos disergonómicos.
- ❖ Proponer alternativas de solución.
- ❖ Implementar y realizar seguimiento de la alternativa de solución elegida.

40. Para la evaluación detallada de los factores de riesgo disergonómico se podrán utilizar diferentes métodos. Su selección depende de las circunstancias específicas que presenta la actividad a evaluar, debido a que cada una presenta necesidades y condiciones diferentes.

Las aplicaciones de estos métodos serán realizados de preferencia por personas capacitadas en el manejo de herramientas ergonómicas. Algunos de estos métodos recomendados son:

#### **40.1. Método Ergo IBV**

Método de evaluación de riesgos laborales asociados a la carga física (Instituto de Biomecánica de Valencia, 1996). Apartados de tareas repetitivas de un miembro superior con ciclos de trabajo definidos, y también de tareas con posturas forzadas.

#### **40.2. Método RULA**

Método destinado a valorar los factores de riesgo de las desviaciones articulares, el esfuerzo o la fuerza y la repetitividad para las extremidades siguientes: brazos, antebrazos, muñecas, hombros, cuello, tronco y piernas. Respecto al ámbito de aplicación, se recomienda limitarlo a trabajos repetitivos en posición sentada.

#### **40.3. Método REBA**

Método destinado a valorar los factores de riesgo de las desviaciones articulares, el esfuerzo o la fuerza y la repetitividad para las extremidades siguientes: brazos, antebrazos, muñecas, hombros, cuello, tronco y piernas. Respecto al ámbito de aplicación, se puede aplicar a cualquier actividad, incluso a las actividades en las que los objetos que se tienen que manipular son imprevisibles (personas, animales), o si las condiciones de trabajo son muy variables (almacenes).

#### **40.4. Método OWAS**

Método destinado a valorar el esfuerzo postural de cuerpo entero. A pesar de que el ámbito de aplicación se puede generalizar, la fiabilidad puede disminuir en operaciones de tipo repetitivo o de esfuerzo mantenido localizado en extremidades superiores, cuello y hombros.

#### **40.5. Método Job Strain Index (JSI)**

Método destinado a valorar los factores de riesgo de las desviaciones articulares, el esfuerzo o la fuerza y la repetitividad para las extremidades distales siguientes: manos y muñecas. Respecto al ámbito de aplicación, se recomienda limitarlo a trabajos repetitivos en posición sentada.

#### **40.6. Método Check – List OCRA**

Método destinado a valorar tareas con movimientos repetitivos y permite, con menor esfuerzo, obtener un resultado básico de valoración del riesgo por movimientos repetitivos de los miembros superiores (mano, muñeca, antebrazo y brazo), previniendo sobre la necesidad de realizar estudios más detallados.

#### **40.7. Método Carga Límite Recomendada por el NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health)**

Método que define el peso de la carga para las condiciones de la tarea en trabajadores saludables que pudieran realizar su labor por un periodo de 8 horas sin aumentar el riesgo de desarrollar una dolencia músculo esquelética.

#### **40.8. Método de la frecuencia cardiaca**

Utilizado para determinar el consumo energético del trabajador durante su jornada laboral, determina el porcentaje de reposo en función del consumo energético y el tiempo en la cual gasta su reserva de energía.

#### **40.9. Método LEST (Laboratorio de Economía y Sociología del Trabajo)**

Método francés destinado a variables de carga mental, factores psicosociales y tiempos de trabajo.

#### 40.10. Método RENAULT

Método utilizado por la firma de automóviles Renault en Francia, que evalúa 27 criterios de trabajo.

#### 40.11. Método UTAH de la Fuerza de Comprensión en Discos

Desarrollada por la Facultad de Ingeniería Mecánica de la Universidad de Utah, se utiliza para cuantificar fuerzas a nivel de disco intervertebral.

#### 40.12. Método ERGO CARGAS

Método chileno de manipulación de cargas

#### 40.13. Método SUZANNE RODGERS

Método que facilita la valoración sistemática de funciones y ayudará en la identificación de labores que presenten posibilidades de riesgo disergonómico y señalará la urgencia de cambio del componente respectivo de la función

#### 40.14. Método VIRA

Se utiliza en la evaluación de los problemas en cuello y parte superior de brazos, fue diseñado para el estudio de trabajos de ciclo corto y repetitivo

41. La magnitud del riesgo indicará la necesidad de realizar propuestas de solución para todas aquellas áreas de trabajo y tareas que hayan resultado significativas y que pueden ser susceptibles de causar lesiones músculo esqueléticas. Se puede utilizar una matriz de factor de riesgo disergonómico con las siguientes características:

| Área de trabajo | Tarea | Métodos ergonómicos utilizados | Magnitud del riesgo | Propuestas de solución |
|-----------------|-------|--------------------------------|---------------------|------------------------|
|                 |       |                                |                     |                        |
|                 |       |                                |                     |                        |
|                 |       |                                |                     |                        |
|                 |       |                                |                     |                        |
|                 |       |                                |                     |                        |

### **ANEXO 3: Características de Luminaria seleccionada**



# Highbays HBX



High Bay HBX Philips Day-Brite es la luminaria LED de alta calidad, que proporciona gran durabilidad en un formato compacto y atractivo. Con una amplia gama de opciones de iluminación, distribución óptica y accesorios disponibles; puede utilizarse en diferentes aplicaciones, desde industria hasta grandes superficies, locales o puntos de venta.

## ► Aplicaciones:



Industria



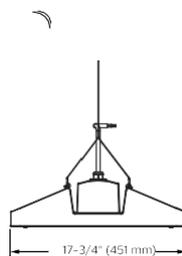
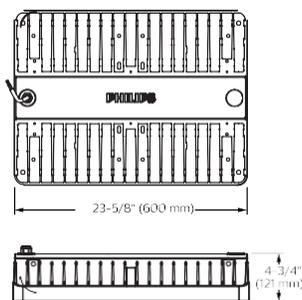
## ► Características técnicas:

| Características técnicas | HBX                                      |
|--------------------------|--|
| Tecnología               | LED                                      |
| IP                       | IP65                                     |
| Forma                    | Rectangular                              |
| Watts                    | 106 / 142 / 212 W                        |
| Flujo lumínico (lm)      | 13000 / 17000 / 24000 lm                 |
| Lumen/watt               | 116 / 120 / 114 lm/W                     |
| Distribución             | General, abierto, medio, cerrado         |
| CCT (k)                  | 4000 K                                   |
| Opción de driver         | Fixed output / Dimming                   |
| Voltaje                  | 120 / 208 / 240 / 277 / 347 / 480 / UNIV |
| Control integrado        | Si / Dimming (actilume)                  |
| Lente / óptica           | Vidrio Templado                          |
| IRC                      | >80                                      |
| Opción batería integrada | Sí                                       |
| Vida útil (l70,hr)       | 100000                                   |
| Garantía                 | 5 Años                                   |
| Certificación            | UL, CE, NOM                              |
| Material                 | Aluminio                                 |
| Código de familia        | HBX13L / HBX17L / HBX24L                 |

► **Beneficios / Características:**

| Beneficios   | Características   |
|--|---|
| Luminaria de LED eficiente (hasta 123 lm/W)                              | Eficacia de hasta 123 lm/w  |
| Luz de mejor calidad y larguísima vida útil de 100.000h                  | Opciones de flujo luminoso 13,000 / 17,000 / 24,000 lm nominal    |
| Menor coste y un atractivo retorno de la inversión                       | Un tamaño para todas las opciones                                 |
| Hasta 56% de ahorro de energía en comparación con tecnología tradicional | Múltiples opciones para distribuir la luz                         |
|  | 4000K temperatura de color (3500K & 5000K posibles)               |
|  | Reproducción cromática >80  |
|  | Regulación 0-10V como estándar                                    |
|  | Disponible en todas las opciones de voltaje estándar 120V - 480V  |
|  | Disponible para temperaturas ambiente superiores a 45C            |
|  | IP65 como estándar (excepto con el uso del detector de presencia) |
|  | Múltiples opciones de montaje                                     |
|  | Detector de movimiento opcional                                   |

► **Dimensiones:**



► **Arquitectura del código:**

| Familia    | Lúmenes               | Tipo de Lámpara | CCT                  | Voltaje  | Óptica   | Color de Pintura   | Opciones   |
|------------|-----------------------|-----------------|----------------------|--|--|--|--|
| <b>HBX</b> | <b>24L</b>            | <b>L</b>        | <b>40</b>            | <b>UNV</b>   |  |  |  |
| HBX        | 13L<br>13,000 lúmenes | L<br>LED        | 35<br>3500K (CRI 80) | UNV<br>Universal<br>Voltage  | N Cerrada<br>M Medio<br>W Abierta<br>A Pasillo | BZ<br>Bronce<br>oscuro<br>WT<br>Blanco<br>BK<br>Negro<br>AL<br>Plata<br>aluminio | MD360 Deteccion de movimiento 360°<br>(ON/OFF)<br>MD360D Deteccion de movimiento 360°<br>(ON/DIMM) |
|            | 17L<br>17,000 lúmenes |                 | 40<br>4000K (CRI 80) | 120-277V   |  |  |  |
|            | 24L<br>24,000 lúmenes |                 | 50<br>5000K (CRI 80) | 120 120V<br>208 208V<br>240 240V<br>277 277V<br>347 347V<br>480 480V |  |  |  |

## **ANEXO 4: Plano de distribución de luminarias LED**



