



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**Rediseño del sistema de  
control de la iluminación de  
la torre de ingeniería**

**TESIS**

Que para obtener el título de  
**Ingeniero en Mecatrónica**

**P R E S E N T A**

José Roberto Méndez Vargas

**DIRECTOR DE TESIS**

Ing. Valente Vázquez Tamayo



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2019

# Índice

---

<b>Capítulo 1. Introducción</b>	<b>1</b>
1.1. Breve descripción del sistema actual	1
1.1.1. Control en pasillos	1
1.1.2. Control por seguridad	2
1.1.3. Control en áreas de trabajo	2
1.2. Justificación del rediseño	3
1.3. Objetivos a cumplir	4
1.3.1. Objetivo general	4
1.3.2. Objetivos particulares	4
<b>Capítulo 2. Antecedentes</b>	<b>5</b>
2.1. Edificios sustentables	5
2.1.1. Tendencias	5
2.1.2. Edificios sustentables en el mundo	6
2.1.3. Edificios sustentables en México	8
2.2. Sistemas de iluminación	9
2.2.1. Tipos de iluminación	9
2.2.2. Tipos de luminarias	10
2.3. Sistemas domóticos e inmóticos	13
2.3.1. Domótica	13
2.3.2. Inmótica	14
2.4. Internet de las cosas	16
2.4.1. Big Data	17
2.4.2. Red de banda ancha móvil	18
2.5. Normatividad aplicable	19
2.5.1. Certificaciones	19
2.5.2. Normas mexicanas	22
<b>Capítulo 3. Descripción general de la propuesta</b>	<b>24</b>
3.1. Resumen	24
3.1.1. Pasillos	24
3.1.2. Áreas de trabajo	24
3.1.3. Mantenimiento y confort	24
3.1.4. Consideraciones de operación	25
3.2. Diagrama de bloques	25
3.3. Diagrama de flujo	26
<b>Capítulo 4. Elementos del sistema</b>	<b>27</b>
4.1. Espacio	27
4.1.1. Áreas de trabajo	27
4.1.2. Pasillos	28
4.1.3. Escaleras	29
4.2. Luminarias	30
4.2.1. Áreas de trabajo	30
4.2.2. Pasillos	36

4.3. Sensores	41
4.3.1. Presencia en los pasillos	41
4.3.2. Nivel de luz natural	45
4.3.3. Ocupación en las áreas de trabajo	48
4.3.4. Consumo eléctrico	51
4.3.5. Nivel lumínico	53
4.4. Unidad de control	55
4.4.1. Ruta de comunicación	55
4.4.2. Diagrama	57
4.4.3. Fichas descriptivas	58
4.5. Instalación	66
4.5.1. Protecciones	66
4.5.2. Componentes de conexión	68
4.5.3. Diagramas	70
4.6. Interfaces	73
4.6.1. Administración	73
4.6.2. Unidad de control	75
4.6.3. Base de datos	76
<b>Capítulo 5. Comparativa con el sistema actual</b>	<b>78</b>
5.1. Tabla comparativa	78
<b>Observaciones y conclusiones</b>	<b>80</b>
<b>Anexos técnicos</b>	<b>82</b>
<b>Anexo A.</b> Hoja de datos de la luminaria para las áreas de trabajo	82
<b>Anexo B.</b> Hoja de datos de la luminaria para los pasillos	83
<b>Anexo C.</b> Catálogo de sensores detectores de movimiento marca Finder	84
<b>Anexo D.</b> Catálogo de fotoceldas marca Tork	85
<b>Anexo E.</b> Hoja de datos del sensor detector de movimiento marca Eaton	86
<b>Anexo F.</b> Hoja de datos del sensor detector de movimiento marca Philips	87
<b>Anexo G.</b> Hoja de datos del transistor y receptor de radiofrecuencia a 433 MHz	88
<b>Anexo H.</b> Hoja de datos del codificador HT12E	89
<b>Anexo I.</b> Hoja de datos del codificador HT12D	90
<b>Anexo J.</b> Hoja de datos de la tarjeta de desarrollo NodeMCU V2	91
<b>Anexo K.</b> Hoja de datos del medidor de consumo eléctrico marca Circutor	92
<b>Anexo L.</b> Catálogo de luxómetros	93
<b>Bibliografía</b>	<b>94</b>
Libros	94
Recursos teóricos en línea	94
Normas	96
Recursos técnicos en línea	96
<b>Guía de figuras</b>	<b>99</b>
<b>Guía de tablas</b>	<b>101</b>

# Capítulo 1. Introducción

---

## 1.1. Breve descripción del sistema actual

La implementación del Sistema de Control de Iluminación (SCI) actual permite la activación (encendido) y desactivación (apagado) de las luminarias, de forma independiente, en los diversos espacios de la Torre de Ingeniería de la UNAM (TI UNAM). Estos espacios se clasifican en dos grupos: las áreas comunes y las áreas particulares.

- Las áreas comunes son aquellas donde el flujo de personas es mayor y el tiempo de ocupación es menor, tal como pasillos, salas de estar y salas de juntas
- Las áreas particulares son aquellas donde el flujo de personas es menor y el tiempo de ocupación es mayor, tal como cubículos, módulos de becarios y salas de trabajo.

La arquitectura principal de este sistema considera la distribución de los niveles de oficinas de la TI UNAM, la cual consta de 6 pisos divididos en dos secciones cada uno, conocidas como ala norte y ala sur. Lo cual permite la operación independiente de cada ala.

El control de las luminarias en cada ala se reparte en tres subsistemas, que operan de acuerdo al tipo de área, los horarios de ocupación y el nivel de autonomía requeridos. Los tres subsistemas son: control de los pasillos, control por seguridad y control de las áreas de trabajo.

### 1.1.1. Control en pasillos

Este subsistema utiliza una serie de sensores para detectar el movimiento en los pasillos, cuya distribución considera la dirección de desplazamiento típica en ellos y permite realizar el control de las luminarias por secciones.

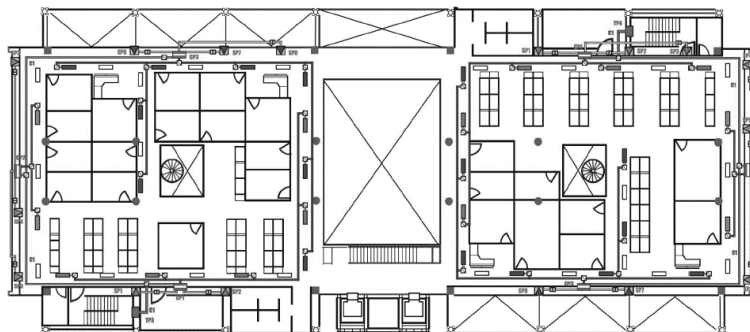


Figura 1.1

La activación de las luminarias asignadas se realiza a partir de dos condiciones: la primera de ellas es que el nivel de luz natural sea bajo, es decir, menor a lo requerido para el desplazamiento adecuado de los ocupantes; y la segunda es la detección de presencia en alguno de los pasillos. La operación de este subsistema no requiere la intervención directa de los ocupantes para su funcionamiento, ya que después de un tiempo determinado las luminarias se desactivan automáticamente.

### 1.1.2. Control por seguridad

Este subsistema utiliza un sensor de luz natural para detectar cuando el nivel de iluminación sea bajo en las áreas donde el riesgo de accidente es mayor, tal como las escaleras de caracol o los pasillos sin ventanas. La activación de las luminarias asignadas es automática cuando el nivel de iluminación no es suficiente y permanecen en ese estado hasta que el nivel aumenta al mínimo requerido.

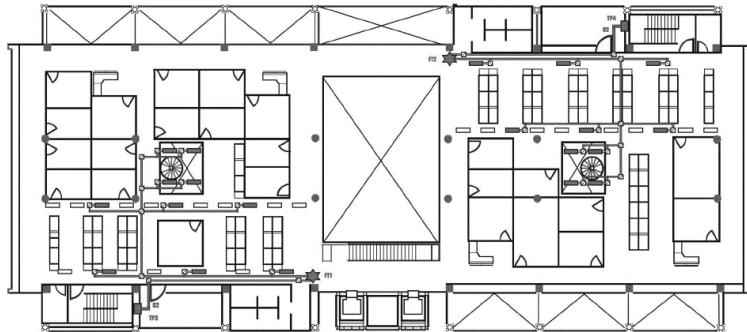


Figura 1.2

La operación de este subsistema no requiere la intervención directa de los ocupantes y únicamente tiene una condición, el nivel de iluminación natural.

### 1.1.3. Control en áreas de trabajo

Este subsistema cuenta con dos modos inalámbricos de control para las luminarias, uno general y otro particular.

El modo general consta de una unidad de control remoto (UCR) con una interfaz, a la cual se accede por medio de una tarjeta de radiofrecuencia que identifica al usuario y otorga permisos para controlar las luminarias de las áreas asignadas a él. La cobertura de cada UCR es de toda un ala y existen al menos dos dispositivos por ala.

El modo particular es con transmisores portátiles de radiofrecuencia de 2 o 4 canales, asignados a las unidades de control de cada área, los cuales son entregados a los responsables correspondientes o colocados como interruptores manuales.

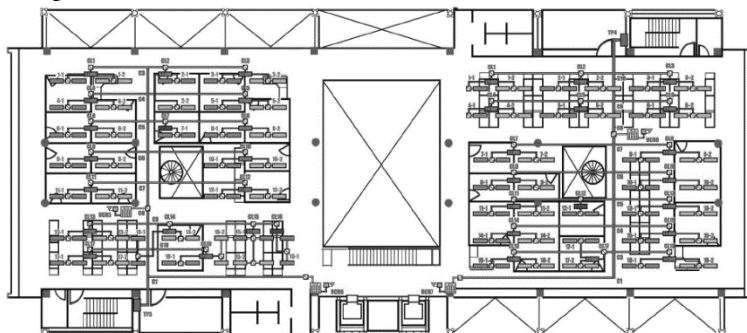


Figura 1.3

La operación de este subsistema requiere de la intervención directa de los ocupantes, debido a la diferencia de horarios y necesidades de cada área. La UCR tiene conexión a un programa de administración cuyas funciones son establecer horarios de activación para las luminarias y el monitoreo de las mismas.

## 1.2. Justificación del rediseño

Un edificio es una construcción con la función de albergar de manera segura a personas, animales u objetos y entre sus características se encuentra la adaptabilidad, que se define como la capacidad para ser modificado a lo largo de tiempo, ya sea en aspectos funcionales o estéticos, para satisfacer las necesidades de las actividades para las que está destinado.

La transición de los edificios tradicionales a edificios sustentables es un ejemplo de adaptabilidad, ya que en la actualidad se busca la reducción en el consumo de energía eléctrica y el uso adecuado de los recursos, a fin de minimizar el impacto en el medio ambiente. Con el SCI actual se logró reducir el consumo de energía eléctrica al activar las luminarias en el momento y lugar que son requeridas, y desactivarlas cuando no lo son.

Con esto la TI UNAM da un paso hacia la sustentabilidad, sin embargo el trabajo aún no termina y existen aspectos como el confort, la eficiencia lumínica o el monitoreo para mantenimiento que aún no han sido evaluados y teniendo presente esto, se plantea una propuesta que busca ser una actualización del SCI actual al incluir nuevos elementos que son propios de la domótica, la inmótica y el Internet de las cosas, además de evaluar los requerimientos tanto en los aspectos cubiertos actualmente como en las incorporaciones propuestas para mejorar su operación.

Siendo esta propuesta de actualización, la base para un sistema de gestión inteligente del edificio que no solo se encargue de las luminarias, sino de otros aspectos como la climatización, la temperatura, la seguridad o el consumo energético responsable, siendo este último evaluado con los indicadores de desempeño tales como: la cantidad de consumo por superficie, por número de empleados o por horas de trabajo, además de otras unidades como la equivalencia a barriles de petróleo o las emisiones de CO<sub>2</sub>.

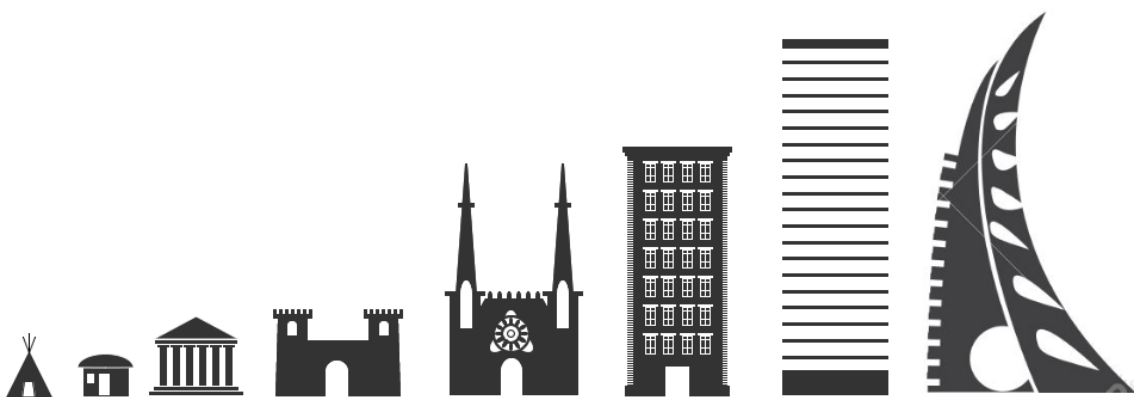


Figura 1.4

## 1.3. Objetivos a cumplir

### 1.3.1. Objetivo general

Presentar una propuesta de diseño que mejore el rendimiento del sistema actual, añadiendo nuevas funciones para ampliar su cobertura.

### 1.3.2. Objetivos particulares

#### 1. Identificar los requerimientos del espacio

El diseño del sistema se debe realizar alrededor de los requerimientos, buscando cumplirlos de manera óptima. Por ello, la identificación debe brindar una correcta descripción que facilite esta tarea.

#### 2. Analizar los elementos utilizados en el sistema actual

El sistema actual cumple en el aspecto operativo, sin embargo, es prudente realizar un análisis del cumplimiento de los requerimientos. La razón de este análisis es identificar puntos de mejora o nuevas áreas de oportunidad.

#### 3. Proponer la implementación de nuevas funcionalidades

El crecimiento del sistema con la adición de nuevos elementos pretende mejorar el rendimiento del mismo, además de brindar mayor información sobre su operación.

#### 4. Presentar un diseño modular y adaptable

La interacción de los elementos debe ser independientes de su operación y las modificaciones o adiciones no deben restar funcionalidad al sistema.

#### 5. Priorizar la autonomía del sistema

La operación del sistema debe simplificarse para los ocupantes, reduciendo las interacciones con el mismo. El rediseño pretende que la activación o desactivación de las luminarias sea automática y considere tanto el flujo de personas como su ubicación.

#### 6. Establecer las bases de un sistema de gestión

El sistema de control debe migrar a ser parte de un sistema de gestión, cuyo objetivo sea agrupar la información de los diferentes procesos o sistemas, para optimizar el uso de los recursos.

# Capítulo 2. Antecedentes

---

## 2.1. Edificios sustentables

El concepto de edificio sustentable se aplica a aquellos que reducen su impacto negativo en el ambiente durante todas las etapas de su ciclo de vida, es decir, desde su diseño, construcción, operación, mantenimiento y renovación hasta su demolición; todo esto sin descuidar la función de albergar con seguridad a los ocupantes.

### 2.1.1 Tendencias

A pesar de no ser un concepto reciente, las técnicas para aplicar la sustentabilidad van cambiando con el paso del tiempo y un artículo publicado en enero de 2018, por la profesora Isabel Fernández Fernández de la Universidad Pontificia de Comillas en España, identifica cinco tendencias actuales que destacan en el ámbito de los edificios sustentables, las cuales son:

#### 1. Potenciar la iluminación natural

La luz natural es un elemento abundante que condiciona el diseño, tanto arquitectónico como constructivo, y es muy valorado por los ocupantes de un edificio, además de reportar beneficios en el confort, el bienestar y la eficiencia energética, por ello debe gestionarse de forma coherente y priorizarse, de ser posible, sobre la iluminación artificial.

#### 2. Baja demanda energética

Los sistemas de los edificios sustentables son diseñados para consumir la mínima cantidad de energía de la red de suministro y de ser posible la autonomía energética, para ello se incorporan técnicas como la auto-generación con los paneles solares y la recuperación de calor o el aprovechamiento de elementos pasivos tales como el aislamiento exterior y las corrientes de aire.

#### 3. Domótica

La sustitución de los dispositivos o sistemas actuales por otros con menor consumo de energía no siempre es la mejor opción y el problema se puede resolver con una gestión eficiente, esto es posible con la automatización de los sistemas para una operación conjunta e integral de todos los elementos.

#### 4. Eliminación de puentes térmicos

Los puentes térmicos son las zonas donde el aislamiento con el exterior se rompe y se producen fugas, esto puede evitarse con un mantenimiento adecuado del aislamiento, el cual es un elemento pasivo del edificio, es decir, carece de demanda energética y cuando se encuentra en condiciones óptimas puede proporcionar un ambiente confortable durante todo el año sin el uso de sistemas de aire acondicionado, lo cual representa un ahorro en el consumo eléctrico.

#### 5. Reutilización de materiales

Los desechos de construcción pueden ser aprovechados y es ampliamente conocido que materiales como la madera, el aluminio y el hormigón se encuentran en la lista de materiales que pueden ser reciclados, pero no son los únicos desechos útiles, existen diferentes proyectos que aprovechan los residuos orgánicos secos de cacahuates, papas, cereales y frutas para elaborar paneles de construcción.



## 2.1.2 Edificios sustentables en el mundo

El uso de estas técnicas puede ser identificado en los diferentes edificios que buscan la sustentabilidad, por ejemplo aquellos que pertenecen al reconocimiento del American Institute of Architects (AIA), el COTE Top Ten Award. Este listado anual se publica en el mes de mayo y premia al diseño sustentable de diez edificios que destacan por el valor de su aportación a la economía, la sociedad y el medio ambiente. A continuación se presenta un resumen del listado de 2018.



Figura 2.1

### 1. Biblioteca Pública de Albion

Es una de las bibliotecas más concurridas de Toronto, cuya misión principal es proporcionar servicios gratuitos y equitativos a sus visitantes, que recientemente incluyen a la comunidad de inmigrantes. Los elementos con los que cuenta para fomentar un ambiente sustentable son un sistema de recolección pluvial, pavimento permeable, un arreglo de paneles solares y una infraestructura para un entorno peatonal y ciclista seguro, además de grandes ventanales que aprovechan la iluminación natural.

### 2. Edificio de Ingeniería en Biosistemas del Tecnológico de Georgia

En este edificio destaca el diseño de sus ventanas, que reducen la ganancia de calor con el uso de paneles metálicos en las fachadas este y oeste, sin desaprovechar la iluminación natural. El sistema de iluminación se controla con sensores de ocupación. La instalación de vigas frías reduce el uso de ventiladores y se cuenta con un sistema de recuperación de calor. La radiación solar es aprovechada por dos sistemas, el primero es un arreglo de paneles solares para la generación de energía eléctrica y el segundo se encarga del calentamiento de agua.

### 3. Mundo Verde

Esta escuela bilingüe fomenta en los niños, la exploración de problemas de sustentabilidad para lograr un cambio ambiental. El edificio cuenta con sistemas de recolección de luz diurna, grandes ventanales para favorecer la iluminación natural, aislamiento para conservar una temperatura confortable y sensores que supervisan la ocupación en las áreas del recinto. También se realiza el monitoreo del uso de recursos y las estaciones de generación de energía, siendo esta actividad un apoyo al plan de estudios de la escuela.

### 4. Nancy & Stephen Grand Family House

La organización Family House brinda alojamiento temporal a las familias de los niños atendidos en el Hospital Infantil de la Universidad de California y cuenta con la certificación LEED Platino. Algunos de los elementos de este edificio son la iluminación controlada por sensores de movimiento, el techo refrigerante, los calentadores de agua por luz solar y los sistemas de ventilación de aire exterior filtrado.

### 5. Nuevo Palacio de Justicia de EE. UU.

Este edificio cuenta con la certificación LEED Platino. Su diseño capitaliza la luz solar optimizandola vista y la iluminación en cada uno de sus pisos, mientras mitiga la ganancia de calor. Cuenta con un tragaluz rodeado de 900 paneles solares que anualmente generan alrededor de 500 mil kWh. Tiene un sistema de gestión de energía que automatiza el control de la iluminación, enchufes y recolección de luz diurna, reduciendo los costos de mantenimiento y el impacto energético.

### 6. Oficinas de Ortlieb

Una antigua planta embotelladora de cerveza en Filadelfia fue modificada para albergar las nuevas oficinas de Ortlieb. Las modificaciones realizadas promueven el confort al favorecer tanto la ventilación como la iluminación natural. El techo se cambió por paneles que reflejan la radiación solar. Cuenta con un sistema de sensores para monitorear la capacidad de almacenamiento térmico y su relación con la comodidad de los ocupantes. Además se utiliza el aire de la noche para enfriar el edificio previo a las horas laborales, minimizando el uso de acondicionado durante la jornada de trabajo.

### 7. Galería Renwick del Museo Smithsonian

El objetivo de la renovación de este edificio fue la reducción al 50% del consumo energético en 2012, para ello, se realizó el desarrollo de una nueva línea de lámparas LED con menor densidad de potencia, para cumplir con las condiciones de iluminación deseadas y favorecer la preservación de los objetos en la Galería, por otra parte los sistemas de ventilación y calefacción se realizaron de forma modular con el uso de agua como intercambiador de calor. Fueron instalados ventiladores y se modificaron tanto las ventanas como el aislamiento del techo. Además de instalar una red de controles digitales. Como parte de la renovación se incluyó una réplica de la escultura Esclavo Griego de Hiram Powers realizada con impresión 3D, como recordatorio a la pieza original que formo parte de la colección en el siglo XIX.

### 8. Instituto de Arte de San Francisco

El Muelle 2 del Fuerte Mason fue transformado en un nuevo centro educativo que aprovecho los muros de hormigón y la abundante iluminación natural del diseño original, para garantizar un ambiente cómodo y saludable. Cuenta con un suministro eléctrico independiente de la red, proporcionado por un sistema fotovoltaico de 225 kW que se incorporó en la azotea. La calefacción se realiza con una losa radiante instalada en la cubierta del muelle original y auxiliada de un sistema de ventilación mecánico. Su renovación supero los estándares del Compromiso AIA 2030 al emplear 83% menos energía que los edificios de referencia.

### 9. Casa Sawmill

En el desierto Mojave de California se encuentra este nuevo diseño de casa unifamiliar sustentable cuya operación es independiente de la red de suministro, lo cual se logró con la incorporación de estrategias pasivas para maximizar el uso de la luz de día, la energía solar y la ventilación natural. El único costo de operación es el combustible usado en la cocina. Su construcción se llevó a cabo con una mentalidad “carroñera”, aprovechando materiales recuperados para mejorar la rentabilidad. La mayor ventaja, como ya se mencionó, es su independencia de la red de suministro por el uso de un arreglo paneles solares de 8.4 kW con respaldo de batería, logrando que su costo de operación anual sea 96% menor al de una casa unifamiliar promedio.

### 10. Academia Sonoma

Ubicada en la base de las montañas Taylor en California, esta academia cuenta con salones-taller, jardines, oficinas y una cocina-comedor que aprovechan el clima de la bahía para tener una ventilación natural, aunque cuenta con ventiladores de techo para los meses con temperaturas extremas. Utiliza bombas de calor de origen geológico para las tareas de calefacción de espacios y calentar agua para uso doméstico. La cocina es en su totalidad eléctrica y cuenta con estufas de inducción que reducen o eliminan el consumo eléctrico al estar inactivas. Su suministro eléctrico se apoya de paneles solares y se prioriza la luz natural con grandes ventanas. Este proyecto se enfoca en aprovechar elementos como el aire fresco y la luz de día en sistemas naturales para crear el confort deseado, y está encaminado a lograr las certificaciones LEED, ZNE, WELL y LBC.



Figura 2.2

### **2.1.3. Edificios sustentables en México**

En México destacan tres construcciones como ejemplos de edificios sustentables.

#### 1. Torre KOI

Construido en Monterrey, esta torre es un edificio de 279.5 metros de altura de uso mixto, que en 2017 obtuvo el título del edificio más alto del país. Su diseño fue contemplando la certificación LEED Plata; motivo por lo cual su fachada se construyó con un doble acristalamiento con capas metálicas, para reducir la incidencia de los rayos solares y tener una ganancia térmica de solo 20%, reduciendo así el mantenimiento y el consumo eléctrico. Además cuenta con una planta de tratamiento de agua que logra un ahorro aproximado del 30%.

#### 2. Edificio Dos Patios

Ubicado en la zona de Polanco, este edificio es la sede del corporativo de la empresa Siemens que se diseñó para lograr la certificación LEED Oro y actualmente cuenta con una doble certificación. Entre sus características se encuentra el tratamiento de aguas residuales y su sistema de iluminación que no solo utiliza las luminarias LED, sino que tiene sensores de presencia y reguladores de intensidad para el control de las mismas.

#### 3. Torre Reforma

Esta torre de 246 metros de altura es actualmente el segundo edificio más alto del país y se ubica en Paseo de la Reforma sobre una casona histórica que fue incorporada como parte de su vestíbulo, el edificio es de uso mixto y se diseñó para obtener la certificación LEED Platino. Cuenta con autogeneración eléctrica a partir de paneles solares y un sistema eólico, además de aprovechar el proceso de reciclado de las aguas residuales en la generación de la energía para maquinaria en pisos inferiores.

## 2.2. Sistemas de iluminación

El diseño de los sistemas de iluminación en interiores busca crear un ambiente de trabajo seguro, visualmente apropiado y que ayude al desempeño de las tareas diarias de los ocupantes. La seguridad aumenta considerablemente al hacer visible, con claridad, todo aquello que pueda representar peligro. Un ambiente visualmente apropiado se refiere al énfasis de la iluminación dado a los objetos y las superficies. Por último, la relación entre luz y color influye en la sensación de bienestar y con ello, en el desempeño, acrecentando la fatiga o la moral.

Existen dos aspectos fundamentales en los sistemas de iluminación y que condicionan el diseño, el primero de ellos es el tipo de iluminación, del cual dependerá el tipo de lámparas, la cantidad de ellas y su distribución. Aunque existen diferentes tipos de iluminación, por lo general, se definen cuatro principales.

### 2.2.1. Tipos de Iluminación

#### 1. Iluminación general uniforme

La distribución de las lámparas tiene un arreglo uniforme, independiente de la distribución de las áreas de trabajo. El nivel medio de iluminación es igual al nivel mínimo requerido para realizar las tareas y su implementación es principalmente en áreas donde no existen puestos fijos. Para lograr una iluminación uniforme se usan dispositivos anti brillos, tales como rejillas o difusores, una fracción de la luz se dirige al techo y la parte superior de las paredes, y las lámparas se colocan a la mayor altura posible, minimizando los brillos y el efecto de deslumbramiento.

#### 2. Iluminación localizada.

La distribución de las lámparas, considera las características de iluminación del equipo y los requerimientos en cada área de trabajo. Se recomienda su uso cuando se requiere un alto nivel de iluminación y se conoce con anticipación la configuración de las áreas de trabajo. Aunque la flexibilidad en la ubicación de las luminarias es limitada, se puede diseñar de manera genérica para tener modificaciones en la distribución a diferencia de una iluminación uniforme, fijando la atención en la armonía de las variaciones de nivel lumínico en un mismo espacio.

#### 3. Iluminación general con localizada de apoyo

En este tipo de iluminación se refuerza el esquema de iluminación general colocando lámparas “de apoyo” en las áreas de trabajo, considerando para su orientación, no estar en la línea de visión directa de las personas. Se recomienda hacer uso de esta configuración cuando los niveles de iluminación requeridos son mayores a 1000 lux, por ejemplo: áreas donde se realicen actividades de CAD, CAM o CAE.

#### 4. Iluminación modular

En sitios donde las áreas de trabajo se encuentran separadas por paneles, muebles considerablemente altos o con una distribución de cubículos, se considera la iluminación modular, con la cual se busca minimizar la proyección de sombras sobre el área de trabajo, concentrando la iluminación en ella. Con este tipo se pretende obtener una iluminación “privada” que permanezca dentro de los límites del área asignada.

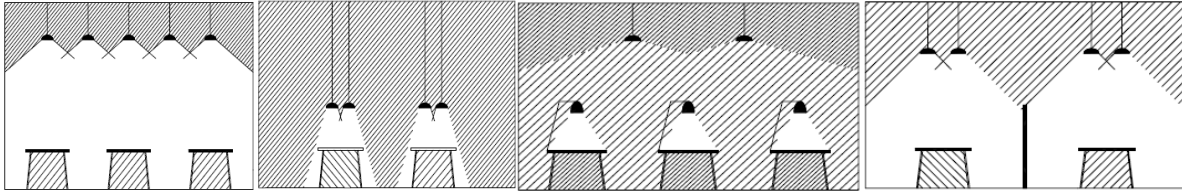


Figura 2.3

Para la selección de un tipo de iluminación es necesario evaluar la forma en que se aplican cinco factores para beneficio de nuestro sistema.

### 1. Características luminotécnicas

El tipo que se seleccione debe cumplir con la combinación adecuada de características como el nivel de iluminancia, la uniformidad de la iluminación o la cantidad de sombras, de brillo y de contraste.

### 2. Efectos visuales sobre el espacio

El enfoque determinará la sensación a transmitir, ya que la iluminación hace posible crear la sensación de amplitud o reducción de espacio, incluso se puede aparentar orden y lograr condiciones que estimulen la concentración o en caso contrario, inciten a la distracción.

### 3. Efectos visuales sobre los objetos y las personas

El enfoque no solo se aplica a los espacios, los elementos dentro de ellos también son importantes. Es posible dar una apreciación diferente a los objetos y las personas, al dar mayor o menor intensidad a los colores, el nivel de detalle o la definición de las texturas.

### 4. Coordinación con la distribución de las áreas de trabajo

El conocer la distribución del espacio, así como las actividades que se realizarán en cada área, facilita la selección de un tipo de iluminación. La elección de iluminación uniforme o localizada dependerá principalmente de la información previa que se tenga.

### 5. Nivel de consumo eléctrico

La cantidad de luminarias y el lapso de tiempo que permanecen activadas varían en cada tipo de iluminación, siendo el ahorro energético un factor de decisión importante por su relación con los costos de mantenimiento y consumo.

## **2.2.2. Tipos de luminarias**

Una vez seleccionado el tipo de iluminación, el segundo aspecto son las luminarias a utilizar. Esto puede resultar un problema por la amplia gama en el mercado, sin embargo, las opciones se reducen al seleccionar un tipo de tecnología de los seis disponibles.



Figura 2.4

### 1. Incandescentes

Su funcionamiento consiste en hacer pasar una corriente eléctrica por un filamento en espiral contenido en una ampolla de vidrio, dicho ampolla debe estar en vacío o con un gas inerte. Su vida útil media es de 1000 horas y tiene un rendimiento bajo de 11 lúmenes por watt, convirtiendo solo una fracción del consumo energético en luz, desperdiciando el resto en forma de calor.

### 2. Halógenas

El principio de operación es el mismo que en las incandescentes y se diferencia por ser halógeno el gas empleado al interior de la ampolla. Al emplear este tipo de gas se regenera el filamento, aumentando la duración y eficiencia de la lámpara. Su vida útil media es de 2000 horas y su rendimiento es de 21 lúmenes por watt.

### 3. Fluorescentes

Al interior del tubo que compone la luminaria se hace pasar una corriente eléctrica que provoca la interacción de los gases de Mercurio, Argón y Neón que contiene. Esta interacción da como resultado la generación de luz ultravioleta, la cual al pasar por el recubrimiento de fósforo del tubo, cambia su frecuencia y se convierte en luz visible. Su vida útil es de 15000 horas y tiene un rendimiento de 3 a 5 veces mayor que las incandescentes.

### 4. De descarga

La luz se produce al pasar una corriente eléctrica por dos electrodos que usan como medio de transporte un tubo de gas y generan descargas, de ahí su nombre, por la diferencia de potencial entre los electrodos. El nivel de iluminación de esta tecnología permite que se usen como alternativa a la luz natural en vías públicas o pabellones deportivos. Existen tres variantes que corresponden al material en el interior del tubo y son vapor de sodio, vapor de mercurio o halogenuro metálico.

### 5. De inducción electromagnética

El circuito primario de esta tecnología se compone de una bobina de inducción con una antena acopladora cuya alimentación es por un campo magnético externo que genera el potencial requerido por la luminaria para funcionar. Su vida útil es de 60000 horas y su rendimiento es de 80 lúmenes por watt. Aunque su uso es principalmente industrial, vial o en aeropuertos.

### 6. LED

Basando su operación en diodos emisores de luz, proveen de luz fría con alta intensidad y bajo consumo. El rendimiento de esta tecnología es de 140 lúmenes por watt aproximadamente y la luz emitida es azul, sin embargo, al hacerla pasar por la capa de recubrimiento interior de fósforo es posible variar su temperatura de color en el intervalo de 2000 a 9000 K, cuyo resultado es una luz con una tonalidad más cálida.

Para una mejor selección se deben considerar el resto las características de las luminarias, de entre las cuales se destacan las siguientes:

#### 1. Tipo de montaje

Las características del espacio donde se colocara la luminaria definen el tipo de montaje, ya que el soporte puede ser empotrado, pendular o superficial, además de ser diferentes las condiciones de protección para interiores y exteriores.

## 2. Dimensiones

Las medidas del área asignada y el espacio disponible para el montaje determinan el ancho y longitud de la luminaria, además de estar relacionadas con sus especificaciones técnicas.

## 3. Forma

La relación entre la forma y las dimensiones es la cantidad de luminarias requeridas para cubrir el mismo espacio, ya que pueden ser equivalentes cuatro luminarias cuadradas a una luminaria recta.

## 4. Potencia

El consumo de la luminaria tiene que ver con el tipo de tecnología y es posible obtener un mayor rendimiento por la misma potencia, aunque a un costo mayor de mantenimiento, en algunos casos.

## 5. Flujo lumínico

La cantidad de luz suministrada se relaciona con las unidades requeridas para satisfacer el nivel lumínico del área asignada, teniendo relación con la forma de emisión y dimensiones de la luminaria.

## 6. Eficiencia lumínica

Es la relación entre el flujo lumínico y la potencia de la luminaria, la cual indica cuantos lúmenes por watt son proporcionados y se relaciona con el ahorro energético.

## 7. Temperatura de color

Dependiendo de la actividad que se realice, se requiere una luz de tonalidades frías (azul) o cálidas (amarillo), incluso neutras (blanco), que permitan el correcto desempeño de las actividades y proporcionen el confort adecuado.

Estos dos aspectos dan la estructura al diseño del sistema y al realizar las evaluaciones de las opciones disponibles se pueden determinar tanto la cantidad como la distribución de las luminarias.

## 2.3. Sistemas domóticos e inmóticos

### 2.3.1. Domótica

La domótica es la aplicación de una serie de técnicas de automatización a los sistemas de los edificios que el Comité Español de la Domótica (CEDOM) define como:

“Conjunto de tecnologías aplicadas al control y la automatización inteligente de la vivienda, que permite una gestión eficiente del uso de la energía, que aporta seguridad y confort, además de comunicación entre el usuario y el sistema. “

El origen de la domótica se sitúa en la década de los setenta, en los dispositivos de automatización basados en la tecnología X-10, un protocolo de comunicaciones a través de la línea eléctrica que permite el control remoto de los dispositivos eléctricos.

Su implementación consistía en la instalación de módulos individuales que recibían las señales de control por el cableado eléctrico ya instalado.



Figura 2.5

Los primeros sistemas domóticos comerciales controlaban únicamente la temperatura ambiente, sin embargo, con el paso del tiempo se ha hecho posible ofrecer más funcionalidades; debido a la variedad de productos existentes actualmente, su facilidad de uso e instalación y el costo accesible.

Estos nuevos sistemas se volvieron más complejos y permitiendo que en la actualidad el control no se limite a la temperatura, y otros aspectos como la seguridad, la iluminación, la ventilación o la regulación del consumo eléctrico, por mencionar algunos, sean tareas fácilmente resueltas por la domótica.

La red de control de un sistema domótico se puede integrar con la red de energía eléctrica y se coordina con el resto de redes relacionadas. A fin contribuir a mejorar la calidad de vida de los ocupantes de una vivienda, la domótica hace su aportación en cinco aspectos.

#### 1. Gestión de energía

El ahorro energético es la principal causa de su implementación, pues una gestión óptima de los sistemas de la vivienda como la iluminación, el clima artificial, el agua caliente sanitaria, el riego de jardines y el uso de los electrodomésticos, puede representar un ahorro en la factura de consumo. Además de modificar los hábitos de los ocupantes para utilizar los recursos con eficiencia.

#### 2. Confort

Se contribuye al confort con la automatización de las actividades domésticas como abrir, cerrar, apagar, encender o regular cualquier elemento de la vivienda y adaptando el ambiente a las necesidades de los ocupantes.

#### 3. Accesibilidad

La movilidad de las personas con discapacidad puede facilitarse con la domótica, satisfaciendo sus requerimientos de manera personalizada e incorporando servicios de tele-asistencia cuando son necesarios.



#### 4. Seguridad

Los dos aspectos de la seguridad son fácilmente resueltos por la domótica. Los controles de cierre automático, cámaras de vigilancia o alarmas personales cubren la vigilancia para evitar intrusos y las alarmas técnicas para la detección de incendios, fallos eléctricos o fugas abarcan el monitoreo de averías y accidentes.

#### 5. Comunicaciones

Se garantiza el control y la supervisión remotos de la vivienda a través de un dispositivo móvil o una computadora, ya que la instalación domótica permite la transmisión de información, como texto, imágenes, sonidos o videos por redes locales o Internet.

### **2.3.2. Inmótica**

La inmótica al igual que la domótica es la aplicación de una serie de técnicas de automatización a los sistemas de los edificios y suelen confundirse ambos términos, el CEDOM cuenta con una definición de inmótica, la cual es:

“Conjunto de tecnologías aplicadas al control y la automatización inteligente de edificios no destinados a vivienda, como hoteles, centros comerciales, escuelas, universidades, hospitales y todos los edificios terciarios, permitiendo una gestión eficiente del uso de la energía, además de aportar de seguridad, confort, y comunicación entre el usuario y el sistema.”

Aunque ambas definiciones son similares, existen tres diferencias fundamentales entre ellas. La primera es el tipo de edificios al cual se aplican, en el caso de la domótica son los destinados a ser viviendas, principalmente unifamiliares; mientras que la inmótica se encarga de aquellos que no lo son. La segunda característica es el alcance de la calidad, ya que en la domótica se persigue únicamente la calidad de vida y en la inmótica se busca también la calidad de trabajo. La tercera característica es la dimensión de cobertura, pues en el caso de la inmótica es posible realizar la automatización de un espacio o un sistema en particular, sin abarcar todo el edificio; mientras en la domótica se pretende incluir todos los elementos posibles de la vivienda, operando de manera integral.

Las funciones de la inmótica que tienen relación con la eficiencia energética se dividen en tres grupos.

#### 1. Regulación automática

En este grupo tienen lugar los controles de los sistemas de iluminación, calefacción, refrigeración, persianas, ventilación y aire acondicionado.

#### 2. Automatización y control de edificios

Las funciones de este grupo son la adaptación y optimización del sistema de automatización a las necesidades del usuario, al fijar horario, ajustar reguladores y mantener los puntos de consigna.

#### 3. Gestión técnica de edificios

El grupo de funciones de la gestión es la detección de fallos, la prestación de soporte para diagnóstico, y la disponibilidad de la información sobre el consumo de energía, las condiciones interiores y las posibilidades de mejora.

Las implementaciones de la domótica y la inmótica son muy variadas, sin embargo, es posible identificar tres visiones regionales que son un referente para guiar el enfoque y las técnicas de las diversas aplicaciones.

### 1. Visión americana

Centrada en la idea de que el uso de nuevas tecnologías tiene consecuencias meramente económicas y con una orientación hacia lo interactivo. Esta visión se enfoca en el control y servicios a distancia, como el trabajo o la enseñanza. Siendo promotora del estándar Consumer Electronic Bus (CEBus) y utilizando las tecnologías X-10 y LonWorks.

### 2. Visión japonesa

El uso extendido de los sistemas informáticos y una orientación a la automatización es lo que se persigue, motivo por el cual se incorpora la mayor cantidad posible de aparatos electrónicos de consumo. El estándar regional es el Home Bus System (HBS).

### 3. Visión europea

Esta visión tiene por objetivo la mediación entre los aspectos económico y técnico, priorizando la sustentabilidad y con una orientación a definir el edificio autónomo y establecer un estándar único. Que se ve reflejado en el protocolo de comunicación KNX, producto de la conjunción de los estándares European Installation Bus (EIB), European Home Systems Protocol (EHS) y BatiBUS.

## 2.4. Internet de las cosas

El internet de las cosas (IdC o IoT por sus siglas en inglés), es una arquitectura de red basada en el internet global cuyas principales características son la interconexión de las redes y la incorporación de los objetos cotidianos a ellas, motivo por el cual puede definirse como una red de redes que utiliza al Internet como plataforma para la comunicación entre los elementos conectados. Desde esta perspectiva, el IoT puede considerarse una evolución del Internet al hacer más extensa la interconectividad que lo caracteriza y con ello la capacidad para reunir, analizar y distribuir datos.



Figura 2.6

La historia del IoT se remonta a 1990, al evento Interop donde John Romkey realizó la conexión de una tostadora de pan a Internet, controlando su encendido y apagado de forma remota. Utilizando el protocolo TCP/IP para la conexión y el protocolo de gestión de red SNMP para el control del electrodoméstico.

Esto marco una revolución en la forma de entender las redes, sin embargo, la tecnología en ese momento era limitada por el costo elevado del hardware y la comunicación principalmente cableada, motivo por el cual se descartó su implementación.

Afortunadamente no fue por mucho tiempo, ya que el desarrollo acelerado de los medios de comunicación inalámbrica y de una variedad de dispositivos disponibles a menor costo hizo posible retomar la idea. Siendo el comienzo del siglo XXI, una época pionera en este ámbito, permitiendo desarrollar los conceptos necesarios para el IoT actual.

Algunos de estos conceptos son:

**M2M (Machine to machine)**, se refiere a la comunicación entre dos máquinas dentro de una misma red, que permita intercambiar información y realizar acciones de forma totalmente autónoma. Siendo este el lenguaje a nivel base para la comunicación de las soluciones IoT.

**IPv6**, es el protocolo de Internet que reemplaza al IPv4, al establecer direcciones con una longitud de 128 bits en vez de 32. Adicional al aumento en el número de direcciones disponibles, las mejoras de este protocolo son una administración más fácil, un enrutamiento más eficiente y la integración de la autenticación y la privacidad.

**WSN (Wireless Sensor Networks)**, es una red inalámbrica de dispositivos autónomos de distribución espaciada para el monitoreo de condiciones físicas o ambientales que intercambian información entre sí, siendo innecesaria una administración central al establecer un protocolo de comunicación.

Es posible identificar seis características del IoT que son clave en su implementación.

### 1. Software/Hardware

La combinación de estos dos elementos hace posible que un dispositivo sea llamado “inteligente”, aunque la combinación puede darse de diferentes formas y dependiendo la complejidad del dispositivo, puede realizar por sí mismo la labor del procesamiento de la información o puede delegarla a otro dispositivo con el que esté vinculado.

## 2. Conectividad

Esto implica algo más elaborado que tener un módulo de comunicación y subir información a la red, consiste en tener compatibilidad y acceso a la red en sí, más allá de subir o no la información. Permitiendo que sea indiferente el lugar desde donde se genera la información, la marca del dispositivo o el proveedor de servicio de Internet, teniendo relevancia únicamente el consumo y la producción de datos.

## 3. Sensibilidad

Los sensores dotan a las máquinas del conocimiento del mundo físico necesario para realizar su labor y es por ello, que pueden aportar soluciones a partir de los datos que perciban por ellos, siendo las soluciones más elaboradas mientras mayor sea la cantidad de sensores incorporados.

## 4. Interacción

Implica la relación entre cada una de las partes que componen un sistema, desde los repositorios donde se aloja y administra la información hasta la etapa de monitoreo de la solución del sistema, pasando por las condiciones programadas por el administrador; deben tener la comunicación necesaria entre sí para el manejo de la información en cada paso.

## 5. Energía

Es indispensable el uso de energía eléctrica para hacer funcionar los dispositivos y existe la problemática del suministro, pues no todo funciona a baterías y en los casos que sí, el almacenamiento y deterioro paulatino es inevitable, además el consumo es exclusivo del dispositivo que tiene la batería. La incapacidad para compartir energía entre dispositivos se contrarresta al aplicar medidas para la generación y gestión de la misma.

## 6. Seguridad

La arquitectura para la implementación del IoT debe ser segura, tanto en el aspecto físico, implementando protección por riesgo eléctrico o para las personas involucradas; como en el digital, con medidas de ciberseguridad y protección de la privacidad. Una vez establecidas medidas de para la correcta custodia de los datos y el aseguramiento del bienestar físico es posible escalar el sistema sin restricción alguna.

### **2.4.1. Big Data**

Una de las problemáticas que surgen al implementar el IoT, es el manejo de la información conforme el número de dispositivos aumenta, ya que los sistemas convencionales, como bases de datos relacionales, presentan dificultades para la captura, la gestión, el procesamiento y el análisis de grandes volúmenes de datos, denominados Big Data.

Una definición simple de Big Data es, el conjunto de datos o combinaciones de conjuntos cuyo volumen, variabilidad y velocidad de generación rebasa a la operación de las herramientas convencionales, dentro del tiempo en que la información es útil.

De manera adicional a estas tres características (volumen, variabilidad y velocidad), se incluye a la veracidad y el valor, para definir las cinco características de la calidad de datos del Big Data. Esta calidad de datos se enfrenta a cuatro desafíos principales:

### 1. Diferentes fuentes y tipos de datos

La integración de los datos debe evaluar dos condiciones para su aplicación: el origen y el tipo de datos. Las fuentes de información pueden ser datos de internet, dispositivos móviles o dispositivos IoT, que a pesar de compartir el mismo medio de comunicación, pueden diferenciarse en el método de recuperación de datos. A su vez, esto se relaciona con el tipo de dato que proporciona la fuente, ya sea no estructurado, semi-estructurado o estructurado, siendo este último el más infrecuente.

### 2. Dimensiones del volumen de datos

La velocidad de procesamiento está ligada a la relación entre la cantidad de datos y su tipo, debido a que una de las tareas previas que causa mayor demora es transformar tipos no estructurados en tipos estructurados.

### 3. Volatilidad de la información

El poder de procesamiento debe ser suficiente para superar o igualar a la validez de la información, misma que dependerá de la velocidad de cambio de los datos, la cual, por lo general es muy corta. Los datos se consideran inválidos cuando las conclusiones resultantes del procesamiento y análisis basado en ellos son erróneas.

### 4. Estándares de calidad unificados

A pesar de contar con estándares oficiales, la velocidad de implementación del Big Data rebasa el tiempo de desarrollo de los mismos y se consideran una excelente teoría que en términos prácticos demora demasiado.

## **2.4.2. Red de banda ancha móvil**

La sucesión generacional de las redes de banda ancha móvil trae consigo mejoras de desempeño pero también soluciones a problemas funcionales. El rápido crecimiento en la cantidad de dispositivos conectados hace que características como la velocidad de conexión o la latencia sean puntos de mejora continua.

Uno de los aspectos a evaluar es el espectro de banda empleado, del cual dependerá tanto la velocidad de conexión como la cobertura de la misma. La relación de esto con el IoT es el uso del espectro de banda alta cuya cobertura es baja pero ofrece una velocidad de conexión máxima con poca latencia.

Siendo de cobertura baja pero mayor capacidad, se pueden conectar múltiples dispositivos a una misma fuente y al requerir menos recursos, hacer un uso más eficiente de la red.

## 2.5. Normatividad aplicable

### 2.5.1. Certificaciones

Una certificación es un proceso de evaluación al cual se somete algún organismo o individuo para corroborar el cumplimiento de determinado referente o modelo de calidad, que de ser aprobado tendrá como resultado un reconocimiento que lo respalde. En el caso de los edificios sustentables destacan dos certificaciones: LEED y WELL.

#### Certificación LEED

LEED son las siglas de la certificación Leadership in Energy & Environmental Design, desarrollada por el U.S. Green Building Council (USGBC) en 1993 y consiste en un sistema de puntuación que evalúa la implementación de las estrategias de eficiencia en el consumo energético y de agua, el uso de energías alternativas, la selección de los materiales de construcción, el desarrollo sustentable de las áreas libres y la mejora en la calidad ambiental de los interiores.

La obtención del certificado se logra con el cumplimiento de los requisitos previos obligatorios de registro y una puntuación de al menos 40 créditos, siendo esta la certificación de nivel básico. Los otros niveles existentes se obtienen con una cantidad de créditos mayor. El nivel plata se consigue a partir de los 50 créditos, el nivel oro obteniendo los 60 créditos y con una puntuación mayor a 80 puntos se logra el nivel platino, siendo éste el nivel más alto.

Existen diferentes sistemas de calificación bajo los cuales realizar la certificación LEED de un edificio, dependiendo de sus características, ya sea una construcción nueva, una remodelación de gran magnitud o edificios en operación.



Figura 2.7

De acuerdo al sistema en el cual se inscriba el edificio es que se seleccionan las categorías y la justificación del cumplimiento de sus parámetros otorga una cantidad de créditos. La cantidad total de créditos es de 110, de los cuales, son 100 por el cumplimiento adecuado de las 6 categorías y 10 son adicionales por la innovación en su ejecución.

#### 1. Ubicación y transporte (16/100 créditos)

El enfoque en fomentar la disminución en el uso de automóviles que operen con combustibles fósiles e incentivar el transporte alternativo como las bicicletas, los automóviles híbridos y el transporte público.

#### 2. Sitios sustentables (10/100 créditos)

Las estrategias para que los agentes no impacten el entorno exterior, tales como evitar la sedimentación y la erosión; fomentar la restauración del hábitat y el tratamiento pluvial.

### 3. Eficiencia del agua (11/100 créditos)

Las actividades para el aprovechamiento óptimo del agua como la captación, el tratamiento, la reutilización, el ahorro y su correcto desecho.

### 4. Energía y atmósfera (33/100 créditos)

El uso óptimo de la energía y la fuente de tal energía, además del impacto de ese consumo eficiente en la comunidad.

### 5. Materiales y recursos (13/100 créditos)

El origen de los materiales utilizados en la construcción, destacando los materiales reutilizados. Y el manejo de los propios residuos de la construcción.

### 6. Calidad de ambiente interior (16/100 créditos)

Las acciones para el bienestar y la salud de los ocupantes, tales como una adecuada ventilación sin sustancias nocivas y una temperatura confortable.

#### A. Innovación

De los 10 créditos adicionales, se otorga un máximo de 6 por el compromiso constante de mejora de las estrategias implementadas.

#### B. Prioridad regional

Los 4 créditos adicionales restantes se otorgan por el cumplimiento de al menos 4 de las 6 categorías de prioridad.

## **Certificación WELL**

WELL es un sistema para la medición, el monitoreo y el aseguramiento del correcto desempeño de un edificio en la salud y bienestar de sus ocupantes, el cual actualmente cuenta con dos versiones: WELL v1 y WELL v2.



Figura 2.8

WELL v1 se enfoca en los 7 conceptos fundamentales que son: el agua, el aire, la nutrición, la iluminación, el bienestar físico, el confort y la mente; además de 3 características propias del edificio: el comportamiento, la operación y el diseño.

WELL v2 es la actualización de la certificación que retoma algunos de los conceptos fundamentales de WELL v1 y añade nuevos, para un total de 11 nuevos conceptos fundamentales que son: el aire, el agua, la nutrición, la luz, el movimiento, el confort térmico, el sonido, los materiales, la mente, la comunidad y la innovación.

En la actualidad conviven simultáneamente ambas versiones, sin embargo, en un futuro se espera que WELL v2 sea el nuevo estándar.

Para la inscripción de algún proyecto en esta certificación existen cuatro categorías que abarcan todas las tipologías y sectores.

### 1. Edificios

Aplicable a proyectos nuevos o ya existentes, cubre el diseño y la construcción, además de algunos aspectos de la construcción.

### 2. Interiores

Aplicable a proyectos de interiores comerciales en edificio ya existentes.

### 3. Infraestructura

Aplicable para proyectos que busquen implementar mejoras en las características fundamentales, tales como la ubicación de las ventanas, los sistemas de calefacción, refrigeración y ventilación o la calidad del agua.

### 4. Otro

La certificación WELL se ofrece para cualquier tipo de edificio y en caso de no aplicar ninguna de las categorías anteriores, se encuentra esta categoría abierta al resto de los edificios y proyectos existentes.

Esta certificación cuenta con tres niveles, siendo plata el nivel básico cuya obtención es con el cumplimiento de las precondiciones de registro. Los dos niveles superiores son el oro y el platino, los cuales se obtienen con el cumplimiento de las precondiciones de registro y una optimización de las características del 40% y 80% respectivamente.

Las certificaciones LEED y WELL no son exclusivas, al contrario, buscan complementarse al tener un enfoque diferente para abarcar tanto al factor ambiental como al humano, tendiendo puntos de evaluación en común.

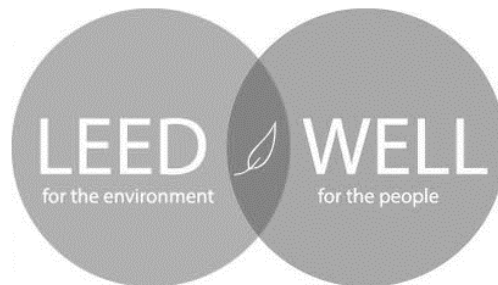


Figura 2.9



## **2.5.2. Normas mexicanas**

### **Edificios sustentables**

En México existe la Norma NMX-164, desarrollada de manera conjunta por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y la Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción (CMIC), y vigente desde 2013.

Esta norma numera los criterios y requerimientos ambientales mínimos para la edificación sustentable con el objetivo de contribuir a la mitigación del impacto ambiental y en el aprovechamiento de los recursos naturales, en balance con los aspectos socioeconómicos que aseguren la viabilidad, habitabilidad e integración al entorno urbano y natural.

La aplicación es de carácter voluntario y está abierta a todos los edificios dentro del territorio nacional, ya sea en proyectos nuevos o ya existentes y en cualquiera de las etapas de su ciclo de vida: diseño, construcción, operación, mantenimiento y demolición. También incluye los proyectos de renovación, remodelación y reacondicionamiento.

La norma es de carácter regional y no coincide con normas internacionales sobre sustentabilidad por ser estas de carácter general y difieren del contexto nacional. Independiente de los puntos referentes a los requisitos de los edificios y el procedimiento para ser evaluados, incluye apéndices con información adicional a modo de recomendaciones.

### **Instalaciones eléctricas**

El diseño de las instalaciones eléctricas, se realiza de acuerdo a las disposiciones de la NOM-001 cuya actualización aplicable más reciente es la SEDE 2012, vigente desde noviembre de 2012.

Esta norma establece las especificaciones y lineamientos de carácter técnico que deben satisfacer las instalaciones destinadas al uso de la energía eléctrica, con el objetivo de ofrecer condiciones adecuadas de seguridad para las personas y sus propiedades. Los principios que establece son de carácter fundamental y no admiten modificaciones en función de desarrollos tecnológicos, promoviendo el uso seguro de la energía, sin intentar ser una guía de diseño o un manual de instrucciones para personas no calificadas.

La norma se compone de 10 capítulos. Los capítulos del 1 al 4 son de aplicación general; del 5 al 7 se refieren a ambientes, equipos o condiciones especiales, siendo complementos o modificaciones a las reglas generales de los capítulos anteriores; el capítulo 8 abarca las instalaciones para los sistemas de comunicación; el capítulo 9 se aplica para las instalaciones destinadas al servicio público, tal como líneas aéreas, subterráneas o subestaciones; y el capítulo 10 consiste de tablas de datos sobre conductores, canalizaciones y factores de ocupación.

### **Condiciones de iluminación en centros de trabajo**

Los requerimientos de iluminación en las áreas de los centros de trabajo se encuentran establecidos en la NOM-025-STPS, cuya actualización más reciente es la 2008, vigente desde diciembre de 2008.

Esta norma es de carácter obligatorio y aplicable a todo centro de trabajo dentro del territorio nacional, siendo su objetivo establecer tales requerimientos para que la cantidad de iluminación, sea adecuada a

las actividades visuales que se realicen; promoviendo un ambiente seguro y saludable para los trabajadores.

La norma indica los niveles que se consideran adecuados para las tareas visuales y las áreas de trabajo, además de contemplar también la evaluación de los niveles de iluminación y el reconocimiento de las condiciones de iluminación.

### **Eficacia luminosa de luminarias LED integradas para iluminación general**

En la NOM-030 se encuentran establecidas las especificaciones y los métodos de prueba para el uso eficiente de las luminarias LED, en la iluminación de tipo general.

La cobertura de esta norma incluye a las luminarias de tecnología LED, tanto omnidireccionales como direccionales, destinadas a la iluminación general; cuya tensión eléctrica de alimentación se encuentre en el rango de 100 a 277 [VCA] y la frecuencia sea de 50 o 60 Hz.

Las especificaciones en la norma incluyen la distribución espacial de luz, la eficacia luminosa mínima, la variación del flujo luminoso nominal, la temperatura de color y el factor de potencia. En esta norma se incluyen los métodos de prueba para las especificaciones ya mencionadas y otras adicionales como las correspondientes a sobretensiones transitorias y distorsión armónica.

## Capítulo 3. Descripción general de la propuesta

---

### 3.1. Resumen

El sistema propuesto permite la operación de manera automática de las luminarias, tanto en los pasillos como en las áreas de trabajo; a través de una unidad de control asignada a cada espacio.

Las unidades de control reciben señales de entrada, con las cuales, se controla la operación de las luminarias. En el caso de los pasillos las señales pueden provenir de dos tipos de sensores diferentes o del programa de administración; mientras que para las áreas de trabajo, solo existe un tipo de sensor y el programa de administración.

#### 3.1.1. Pasillos

Los dos tipos de sensores ubicados en los pasillos son de detección de movimiento y de nivel de luz natural.

La distribución para los sensores detectores de movimiento es de un dispositivo por pasillo, ya sea exterior o interior; y cuya activación ocurre al detectar la entrada de un individuo a su área de cobertura.

La distribución para los sensores de nivel de luz natural es de un dispositivo por ala, al cual están asignadas las luminarias de los pasillos interiores; cuya activación ocurre cuando el nivel de luz natural percibido es menor a lo requerido para el tránsito en los pasillos (50 [lux]), activando las luminarias de manera permanente hasta el fin de la jornada.

El programa de administración permite enviar instrucciones de forma remota a las unidades de control y modificar el estado de las luminarias.

#### 3.1.2. Áreas de trabajo

Los sensores ubicados en las áreas de trabajo son de detección de movimiento y su distribución es de un dispositivo por área cerrada o por grupo de cubículos en las áreas abiertas. Su activación ocurre al detectar movimiento dentro de su área de cobertura.

El programa de administración permite enviar instrucciones de forma remota a las unidades de control y modificar el estado de las luminarias.

#### 3.1.3. Mantenimiento y confort

Adicional a la automatización de las luminarias, se proponen dos tipos más de sensores, para la medición del consumo eléctrico y del nivel lumínico.

En el primer caso, se utilizan para hacer un análisis del consumo correspondiente a las luminarias e identificar su porcentaje del consumo total, para identificar puntos de mejora en el modo de utilizar las luminarias.

En el segundo caso, se utilizan para conocer el estado de las luminarias y la iluminación que proporcionan; identificando de manera oportuna aquellas que requieran mantenimiento.

### 3.1.4. Consideraciones de operación.

- La detección de los sensores tiene prioridad sobre las instrucciones del programa de administración.
- Las señales de entrada provenientes del programa de administración o los sensores detectores de movimiento, tienen un tiempo determinado de vigencia, cuya renovación depende de una retroalimentación al sistema.
- La activación permanente de las luminarias en los pasillos interiores por el sensor de luz natural puede ser interrumpida, cuando todos los sensores detectores de movimiento en los pasillos y las áreas de trabajo no detecten presencia por un número determinado de ciclos.

## 3.2. Diagrama de bloques

El diagrama del sistema consiste en cinco bloques que representan las dos formas de recibir señales de entrada en la unidad de control, la unidad de entrada y la señal de salida.

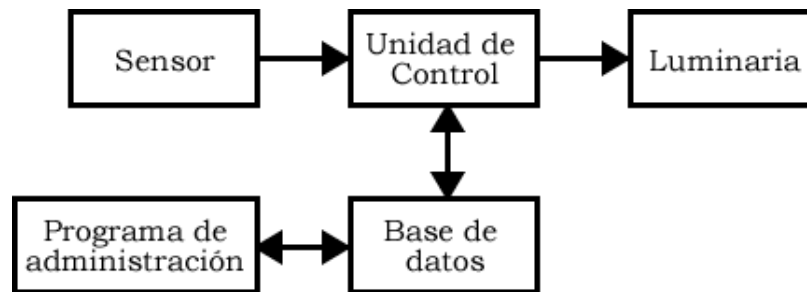


Figura 3.1

### Bloque 1. Sensor

1. Protección de entrada, se consideran protecciones eléctricas contra cortocircuito y sobrecarga.
2. Sensor, ya sean los detectores de movimiento o el sensor de luz natural.
3. Interruptor, se utiliza un relevador de estado sólido.
4. Protección de salida, se consideran protecciones eléctricas contra cortocircuito y sobrecarga.
5. Transmisor, se utiliza un transmisor de radiofrecuencia de 433 [MHz] con un codificador HT12E.

### Bloque 2. Programa de admin

1. Interfaz de administración, el programa cuenta con funciones de consulta de estados e instrucciones de control.
2. Conexión Wifi, la interacción con la base de datos se realiza con una conexión a Internet.

### Bloque 3. Base de datos

1. Repositorio de datos, el destino de las operaciones de la interfaz de administración y las unidades de control se registran en tablas.
2. Conexión Wifi, la interacción con la interfaz de administración y las unidades de control se realiza con una conexión a Internet.

### Bloque 4. Unidad de control

1. Protecciones eléctricas de entrada, se consideran protecciones eléctricas contra cortocircuito y sobrecarga.

2. Receptor, se utiliza un receptor de radiofrecuencia de 433 [MHz] con un decodificador HT12D.
3. Unidad de procesamiento, se utiliza una tarjeta de desarrollo NodeMCU V2 que cuenta con un módulo de comunicación Wifi.
4. Interruptor, se utiliza un relevador de estado sólido.

### Bloque 5. Luminaria

1. Protecciones eléctricas de salida, se consideran protecciones eléctricas contra cortocircuito y sobrecarga.
2. Luminarias, ya sean las asignadas a los pasillos o las áreas de trabajo.

### 3.3. Diagrama de flujo

El diagrama de información corresponde a la operación de la unidad de control y su interacción con la base de datos.

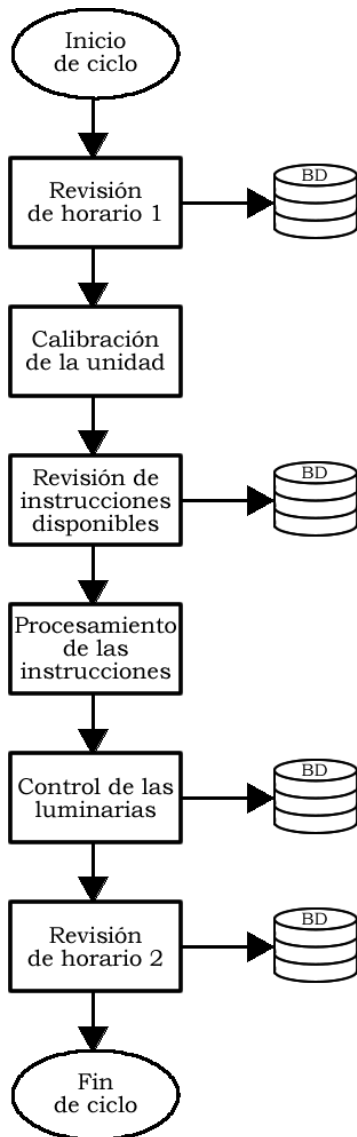


Figura 3.2

#### Revisión de horario 1

Para dar inicio al sistema, se verifica que la hora sea igual o posterior a la del inicio de la jornada, de ser así, se da por iniciada la jornada y comienza el primer ciclo; en caso contrario, se permanece en espera hasta la hora indicada. Se realiza interacción con la base de datos.

#### Calibración de la unidad

Las variables del sistema son preparadas para la recepción de información.

#### Revisión de instrucciones disponibles

Se verifica si existen instrucciones provenientes del programa de administración, consultando los registros en la base de datos; en caso de no haberlos, se verifican las señales de entrada de los sensores. Se realiza interacción con la base de datos.

#### Procesamiento de las instrucciones

Dependiendo de las instrucciones o señales recibidas, se analiza la información y se proporciona una respuesta, en forma de señal de salida.

#### Control de las luminarias

El resultado del procesamiento realiza la activación o desactivación de las luminarias, que se encuentren asignadas a la unidad de control. Y posteriormente se presenta un tiempo de espera antes de continuar con el ciclo. Se realiza interacción con la base de datos.

#### Revisión de horario 2

Al terminar el tiempo de espera se verifica que la hora sea igual o anterior a la del fin de la jornada, de ser así, se inicia un nuevo ciclo; en caso contrario, se da por concluida la jornada. Se realiza interacción con la base de datos.

# Capítulo 4. Elementos del sistema

## 4.1. Espacio

El primer elemento del sistema es el propio espacio de trabajo, cuyo análisis se realizó para conocer las dimensiones, las características y los requerimientos necesarios para el desarrollo del proyecto. El espacio considerado abarca los seis pisos de oficinas, los cuales se dividen en dos secciones: el ala norte y el ala sur; siendo ambas secciones de dimensiones similares, cercanas a los 16 metros de ancho por 20 metros de largo. La distribución en las secciones de cada piso da lugar a dos tipos de áreas: las áreas de trabajo y los pasillos.

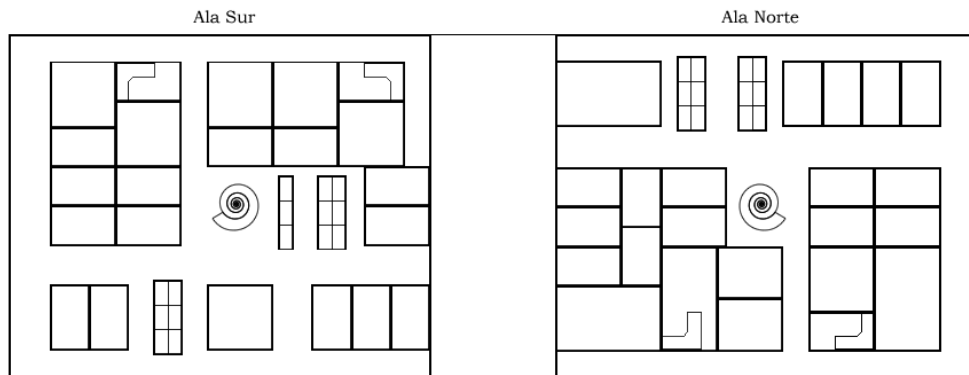


Figura 4.1

### 4.1.1. Áreas de trabajo

Son aquellas con un flujo menor de personas y un tiempo de ocupación mayor; además de ser de uso particular con asignación específica. Este tipo de áreas se clasifica de dos formas: por bloque y por dimensiones.

#### Clasificación por bloque.

Esta clasificación destaca las tres islas de áreas de trabajo, en cada caso la distribución varía, pero la ocupación del espacio es muy similar. La descripción de los tres bloques se da por su forma y cantidad aproximada de áreas que lo conforman, siendo de la siguiente manera:

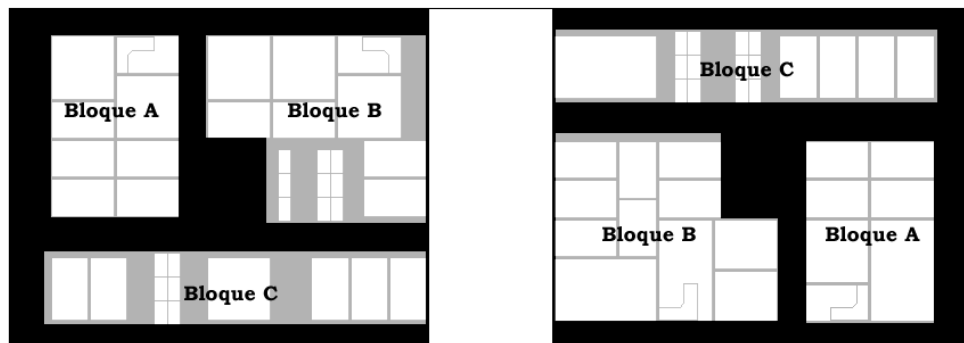


Figura 4.2

- Bloque A – forma rectangular de 2 x 4 áreas
- Bloque B – forma en L de 3 x 4 áreas
- Bloque C – forma rectangular de 6 o 7 áreas en fila

### Clasificación por dimensiones

Esta clasificación destaca las dimensiones de las áreas, siendo un total de nueve grupos diferentes de áreas de trabajo en esta clasificación.

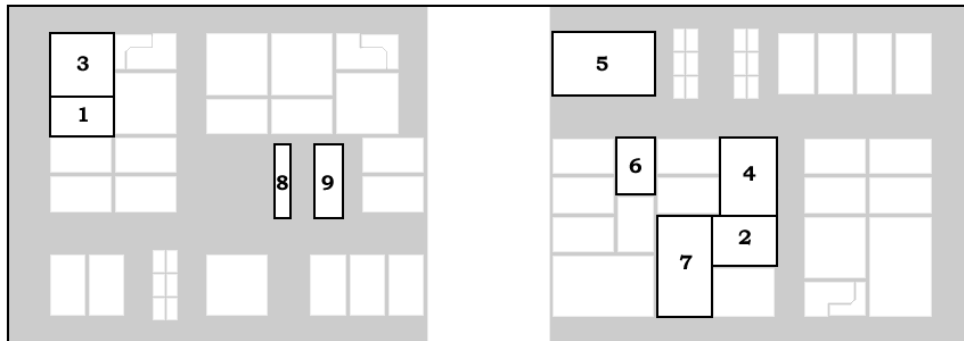


Figura 4.3

- 1 – 1.8 [m] X 3.0 [m]
- 2 – 2.4 [m] X 3.0 [m]
- 3 – 3.0 [m] X 3.0 [m]
- 4 – 3.6 [m] X 3.0 [m]
- 5 – 4.8 [m] X 3.0 [m]
- 6 – 2.0 [m] X 2.7 [m]
- 7 – 2.6 [m] X 4.8 [m]
- 8 – 0.6 [m] X 3.3 [m]
- 9 – 1.2 [m] X 3.3 [m]

### 4.1.2. Pasillos

Son aquellas con un flujo mayor de personas y un tiempo de ocupación menor; además de ser de uso general sin asignación alguna. Este tipo de áreas tiene una única clasificación en cuatro pasillos exteriores y dos interiores. Considerando el eje de mayor longitud de la torre como eje horizontal es posible describir a los pasillos para su identificación de la siguiente manera:

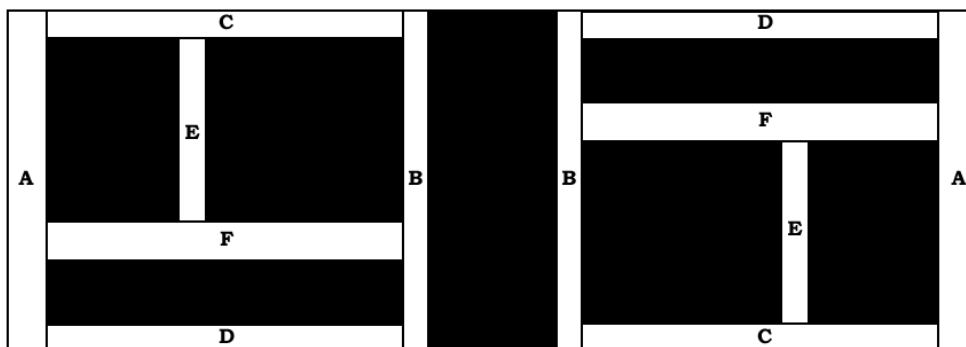


Figura 4.4

- A – pasillo exterior vertical más alejado al eje vertical del edificio.
- B – pasillo exterior vertical más cercano al eje vertical del edificio.
- C – pasillo exterior horizontal más cercano a la ventana del ala correspondiente.
- D – pasillo exterior horizontal más alejado a la ventana del ala correspondiente.
- E – pasillo interior vertical
- F – pasillo interior horizontal

### 4.1.3. Escaleras

Las escaleras son un caso particular, ya que sus dimensiones permiten agruparlo en las áreas de trabajo, sin embargo, su frecuencia y tiempo de uso es similar al de los pasillos. Por lo tanto, se considera un caso particular de los pasillos interiores.

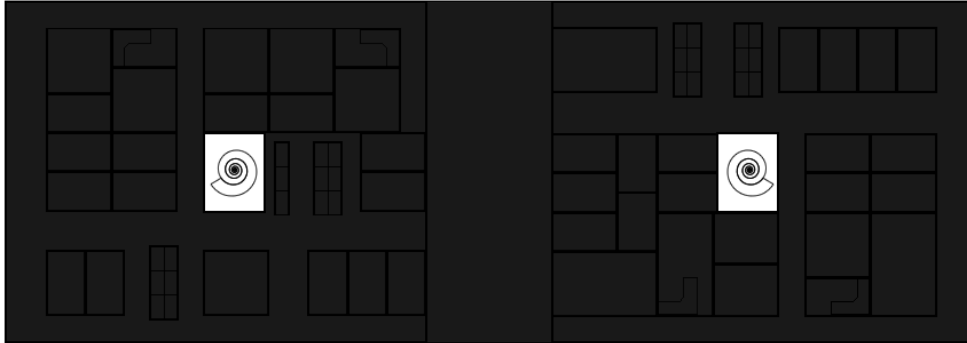


Figura 4.5



## 4.2. Luminarias

El segundo elemento del sistema son las luminarias, cuya selección dependerá del tipo de área, ya que en cada uno los requerimientos son distintos. En el caso de las áreas de trabajo, las actividades que se realizan son tanto administrativas como docentes, para las cuales se recomienda un nivel lumínico de 500 [lux] como lo óptimo con una tolerancia de un mínimo de 450 [lux] y un máximo de 750 [lux]. En el caso de los pasillos, el nivel requerido es menor, puesto que solo se realiza el tránsito de personas, siendo 100 [lux] lo recomendado con una tolerancia de un mínimo de 50 [lux] y un máximo de 150 [lux]. Las escaleras tiene un requerimiento mayor a los pasillos de 150 [lux] como lo óptimo con una tolerancia de mínimo 100 [lux] y un máximo de 200 [lux].

Actualmente se utiliza un solo tipo de luminarias para ambos tipos de áreas, el cual es de tubos fluorescentes T8 de 32 [W] en arreglos de 2. La longitud de la luminaria es de 1.2 [m], el diámetro de 1 pulgada y el voltaje de alimentación de 127 [VCA].

El proceso de análisis de la distribución, la asignación, el cumplimiento de los requerimientos y la selección de luminarias se realizaron de forma independiente para cada tipo de área.



Figura 4.6

### 4.2.1. Áreas de trabajo

En este caso, la distribución de las luminarias es principalmente en 7 líneas paralelas al eje mayor del edificio, con 10 u 11 luminarias por línea en cada ala. La asignación de las luminarias tiene una relación directa con las dimensiones de las áreas y se usó la clasificación por dimensiones de las mismas para describir esa relación.

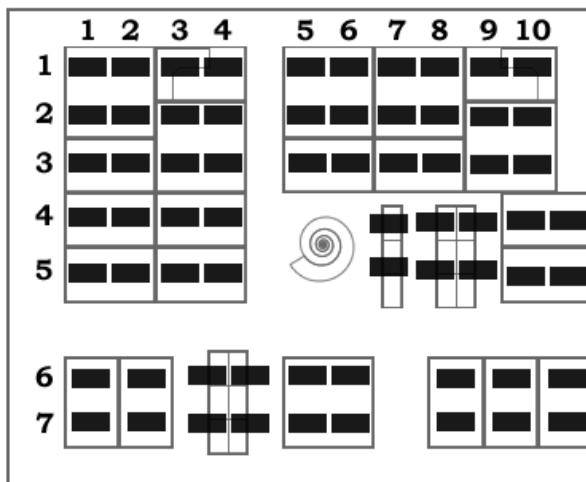


Figura 4.7

Grupo de la clasificación por dimensiones	Cantidad de luminarias asignadas
1 – 1.8 [m] X 3.0 [m]	2
2 – 2.4 [m] X 3.0 [m]	2
3 – 3.0 [m] X 3.0 [m]	4
4 – 3.6 [m] X 3.0 [m]	4
5 – 4.8 [m] X 3.0 [m]	6
6 – 2.0 [m] X 2.7 [m]	1
7 – 2.6 [m] X 4.8 [m]	2
8 – 0.6 [m] X 3.3 [m]	2
9 – 1.2 [m] X 3.3 [m]	4

Tabla 4.1

Con la información de esta relación se realizaron las simulaciones para conocer el cumplimiento de los requerimientos de iluminación con el tipo de luminaria y cantidad actuales, haciendo uso de la herramienta DIALux para esta tarea.

Los parámetros para las simulaciones de iluminación fueron:

- Altura del plano de trabajo: 0.8 [m]
- Altura de montaje de las luminarias 3.0 [m]
- Espesor de pared: 0.05 [m]

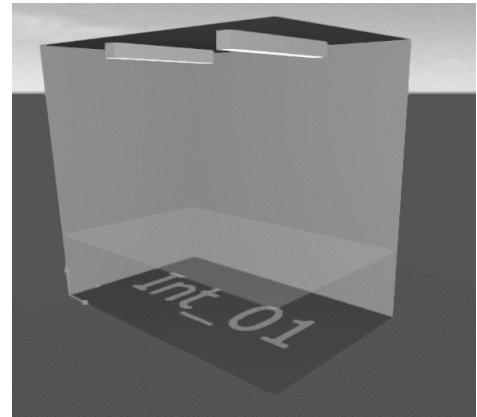


Figura 4.8

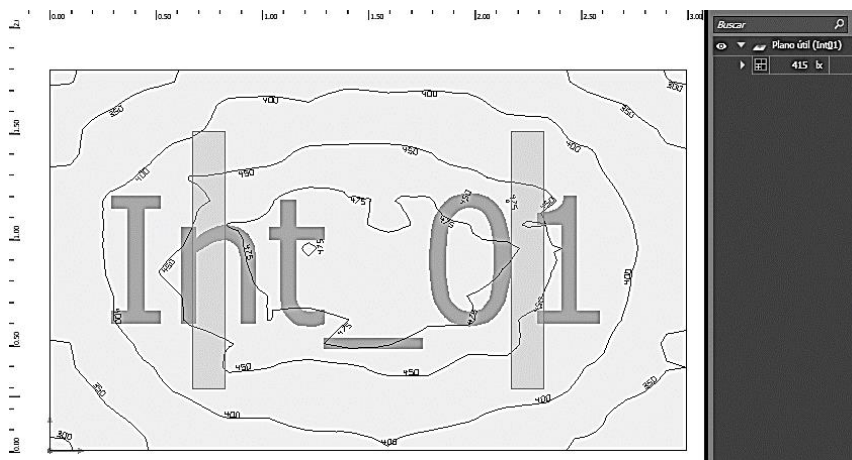


Figura 4.9

Los resultados obtenidos fueron el cálculo promedio del nivel lumínico en el plano de trabajo y el diagrama de las curvas isolux, que demostraron el incumplimiento de los requerimientos con la cantidad actual de luminarias; siendo necesario realizar nuevas simulaciones para conocer la cantidad recomendada para cumplir tales requerimientos.

Siendo también insatisfactorios los nuevos resultados, por estar en la mayoría de los casos sobre el nivel óptimo de iluminación.

Grupo de la clasificación por dimensiones	Cantidad de luminarias asignadas	Nivel lumínico [lux]	Cantidad de luminarias recomendadas	Nivel lumínico [lux]
1 – 1.8 [m] X 3.0 [m]	2	415	3	614
2 – 2.4 [m] X 3.0 [m]	2	374	3	553
3 – 3.0 [m] X 3.0 [m]	4	627	3	498
4 – 3.6 [m] X 3.0 [m]	4	564	/	/
5 – 4.8 [m] X 3.0 [m]	6	683	/	/
6 – 2.0 [m] X 2.7 [m]	1	225	3	627
7 – 2.6 [m] X 4.8 [m]	2	271	4	500
8 – 0.6 [m] X 3.3 [m]	2	404	/	/
9 – 1.2 [m] X 3.3 [m]	4	799	3	625

Tabla 4.2

Con estos resultados se realizó la búsqueda de otras opciones de luminarias modelo tanto de tecnología fluorescente como LED, para encontrar una que se adecue mejor al nivel óptimo.

## Luminarias modelo para las áreas de trabajo (LT#)

### LT1 – Marca ASTZ modelo LSP44-28-013



Figura 4.10

#### **Especificaciones:**

- 2 tubos fluorescentes T16
- Potencia nominal: 54 [W] por tubo
- Flujo de lámpara: 4450 [lm] por tubo, 4708 [lm] total
- Eficiencia lumínica: 41 [lm/W]
- Temperatura de color: 3850 [K]
- Potencia real total: 116 [W]

### LT2 – Marca 3F Filippi modelo L1570



Figura 4.11

#### **Especificaciones:**

- 2 módulos LED lineales de 30 [W]
- Potencia nominal total: 70 [W]
- Flujo total: 8149 [lm]
- Eficiencia lumínica: 116 [lm/W]
- Temperatura de color: 4000 [K]
- Potencia real total: 70 [W]

### LT3 – Marca Regent Lighting modelo 1005.3421

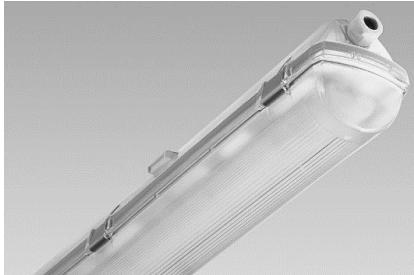


Figura 4.12

#### **Especificaciones:**

- 1 módulo LED lineal de 38 [W]
- Potencia nominal: 38 [W]
- Flujo total: 4300 [lm]
- Eficiencia lumínica: 113 [lm/W]
- Temperatura de color: 4000 [K]
- Potencia real total: 38 [W]

### LT4 – Marca Stahl modelo 6002/4148



Figura 4.13

#### **Especificaciones:**

- 1 módulo LED lineal de 42 [W]
- Potencia nominal: 42 [W]
- Flujo total: 5810 [lm]
- Eficiencia luminosa: 138 [lm/W]
- Temperatura de color: 5000 [K]
- Potencia real total: 42 [W]

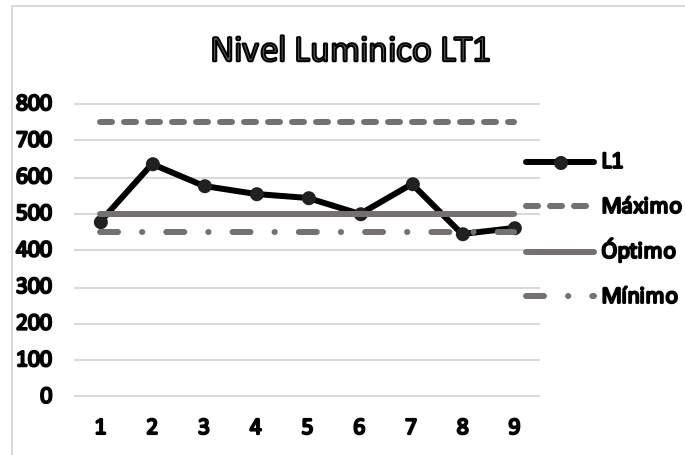
## Análisis de las luminarias modelo

Se realizaron las simulaciones correspondientes para cada una de las luminarias modelo y se extrajo la información de la cantidad de luminarias recomendadas, así como del nivel lumínico.

- Resultados LT1

Grupo de áreas	Cantidad de LT1	Nivel lumínico
1	2	480
2	3	634
3	3	574
4	3	554
5	4	541
6	2	502
7	4	581
8	2	443
9	2	464

Tabla 4.3

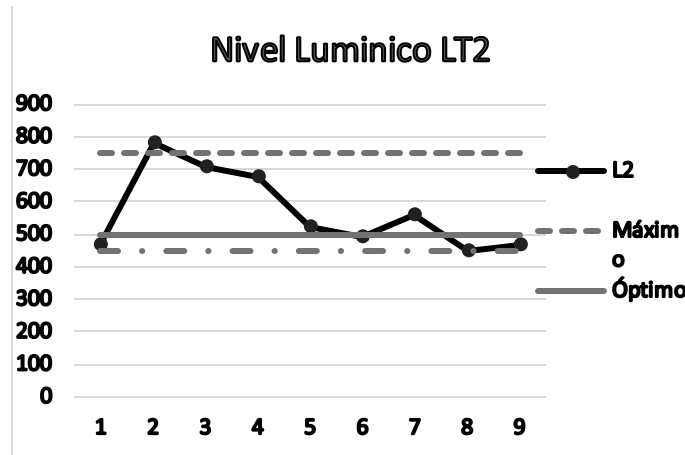


Gráfica 4.1

- Resultados LT2

Grupo de áreas	Cantidad de LT2	Nivel lumínico
1	1	467
2	2	780
3	2	706
4	2	677
5	2	523
6	1	491
7	2	561
8	1	451
9	1	467

Tabla 4.4

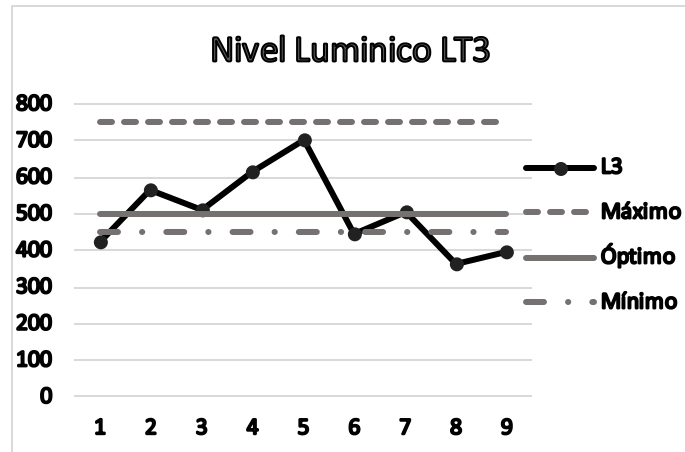


Gráfica 4.2

- Resultados LT3

Grupo de áreas	Cantidad de LT3	Nivel lumínico
1	2	426
2	3	568
3	3	512
4	4	614
5	6	701
6	2	444
7	4	508
8	2	362
9	2	396

Tabla 4.5

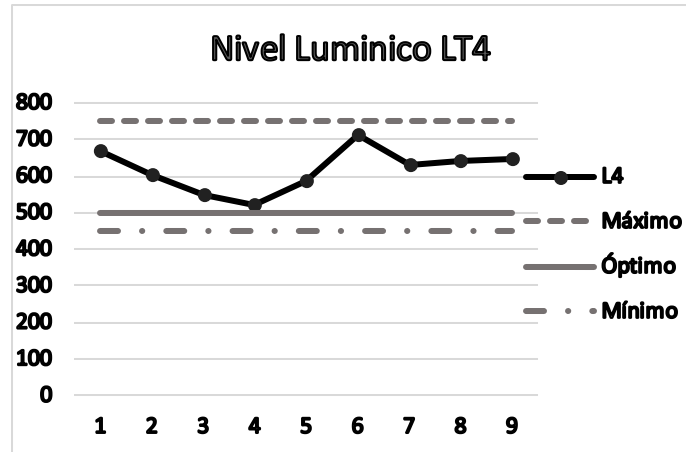


Gráfica 4.3

• *Resultados LT4*

Grupo de áreas	Cantidad de LT4	Nivel lumínico
1	2	670
2	2	605
3	2	546
4	2	524
5	3	588
6	2	711
7	3	633
8	2	642
9	2	649

Tabla 4.6



Gráfica 4.4

Utilizando estos resultados, se realizó el análisis de consumo eléctrico teórico en kWh, considerando la cantidad de áreas de trabajo del piso 3 como ejemplo.

Grupo de áreas	Cantidad Ala Norte	Cantidad Ala Sur	Cantidad total
1	14	16	30
2	2	-	2
3	1	6	7
4	-	-	0
5	3	-	3
6	2	-	2
7	1	-	1
8	-	1	1
9	2	2	4

Tabla 4.7

Y la formula siguiente:

$$\text{Consumo de jornada} = \text{Potencia Real} * \text{Horas} * \text{Total de luminarias}$$

Donde:

Grupo	Áreas	LT1	Total L1	LT2	Total L2	LT3	Total L3	LT4	Total L4
1	30	2	60	1	30	2	60	2	60
2	2	3	6	2	4	3	6	2	4
3	7	3	21	2	14	3	21	2	14
4	-	3	-	2	-	4	-	2	-
5	3	4	12	2	6	6	18	3	9
6	2	2	4	1	2	2	4	2	4
7	1	4	4	2	2	4	4	3	3
8	1	2	2	1	1	2	2	2	2
9	4	2	8	1	4	2	8	2	8
<b>TOTAL</b>			<b>117</b>		<b>63</b>		<b>123</b>		<b>104</b>

Tabla 4.8

El tiempo considerado para el análisis fue de 10 horas.

Luminaria	Potencia real [kW]	Horas	Total de luminarias	Consumo teórico
LT1	0.116	10	117	135.72
LT2	0.070	10	63	44.10
LT3	0.038	10	123	46.74
LT4	0.042	10	104	43.68

Tabla 4.9

## Observaciones de las luminarias

### LT1

- La cantidad de luminarias recomendada es similar a la de la actual, siendo poco notorio el cambio. Los niveles de iluminación se ubican entre el óptimo y el mínimo, siendo relativamente uniformes. El consumo teórico es del triple respecto al resto de opciones, siendo la peor opción en este aspecto.

### LT2

- La cantidad de luminarias recomendada es de máximo dos, lo cual representa una facilidad para el diseño de la instalación. Los niveles de iluminación son decrecientes siendo el mínimo para algunos casos y rebasando el máximo en otros, sin embargo, en ningún caso son insuficientes. El consumo teórico es el segundo más bajo, aunque es la opción con la menor cantidad de luminarias totales.

### LT3

- La cantidad de luminarias recomendada es similar y en algunos casos es mayor a la actual, siendo la opción que requiere más luminarias en total. Los niveles de iluminación son irregulares e insuficientes en algunos casos. El consumo teórico es bajo, a pesar de la cantidad de luminarias totales.

### LT4

- La cantidad de luminarias recomendada es de máximo tres y mínimo dos, facilitando el diseño de la instalación. Los niveles de iluminación se ubican entre el óptimo y el máximo, además de bastante uniformes. El consumo teórico es el más bajo de todas las opciones.

La luminaria LT4 fue seleccionada como reemplazo a la actual, debido a que fue aquella con los mejores resultados. Además se contempló como una de las opciones para los pasillos, siendo descartada la tecnología fluorescente debido al consumo teórico mostrado.

### 4.2.2. Pasillos

En este caso, la distribución de las luminarias es en una sola línea por pasillo, que lo recorre de manera paralela a su eje mayor. Siendo la cantidad de luminarias diferente de acuerdo a la longitud del tipo de pasillo y el nivel de luz natural que recibe, sin embargo, es la misma distribución en cada piso.

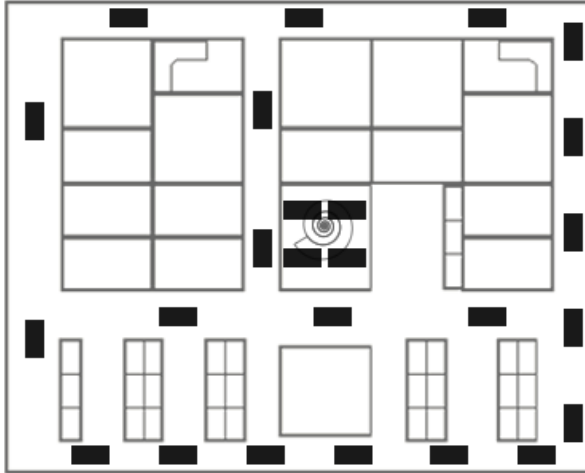


Figura 4.14

Pasillo	Cantidad de luminarias asignadas
A	2
B	5
C	3
D	6
E	2
F	3
Escaleras	4

Tabla 4.10

Con la información de la distribución de las luminarias se realizaron las simulaciones para conocer el cumplimiento de los requerimientos de iluminación con el tipo de luminaria y cantidad actuales, haciendo uso de la herramienta DIALux para esta tarea.

Los parámetros para las simulaciones de iluminación fueron:

- Altura del plano de trabajo: 0.0 [m]
- Altura de montaje de las luminarias 3.0 [m]
- Espesor de pared: 0.10 [m]

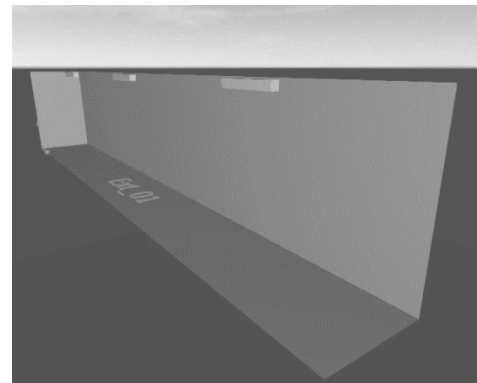


Figura 4.15

Los resultados obtenidos fueron el cálculo promedio del nivel lumínico en el plano de trabajo y el diagrama de las curvas isolux, que demostraron el cumplimiento de los requerimientos, aunque sobredimensionado en algunos casos; siendo necesario realizar nuevas simulaciones para conocer la cantidad recomendada de luminarias.

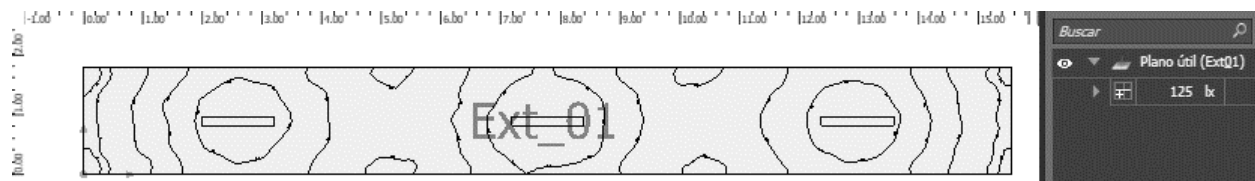


Figura 4.16

Siendo los nuevos resultados más uniformes, sin embargo, aún se ubican sobre el nivel máximo de iluminación requerida.

Pasillo	Luminarias asignadas	Nivel lumínico [lux]	Luminarias recomendadas	Nivel lumínico [lux]
A	2	120	3	176
B	5	315	3	194
C	3	190	3	188
D	6	368	3	188
E	2	233	2	233
F	3	172	3	172
Escaleras	4	623	1	177

Tabla 4.11

Con estos resultados se realizó la búsqueda de otras opciones de luminarias de tecnología LED, cuyo nivel lumínico proporcionado fuera cercano a los valores requeridos en este tipo de áreas.

### Luminarias modelo para los pasillos (LP#)

#### LP1 – Marca Stahl modelo 6002/4148

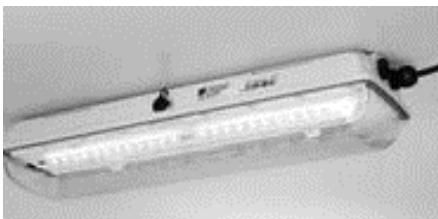


Figura 4.17

#### Especificaciones:

- 1 módulo LED lineal de 42 [W]
- Potencia nominal: 42 [W]
- Flujo total: 5810 [lm]
- Eficiencia luminosa: 138 [lm/W]
- Temperatura de color: 5000 [K]
- Potencia real total: 42 [W]

#### LP2 – Marca Nordeon modelo L1124

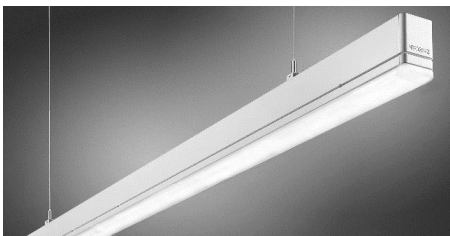


Figura 4.18

#### Especificaciones:

- 1 módulo LED lineal de 24 [W]
- Potencia nominal: 24 [W]
- Flujo de lámpara: 3200 [lm]
- Eficiencia lumínica: 133 [lm/W]
- Temperatura de color: 4000 [K]
- Potencia real total: 24 [W]

#### LP3 – Marca ASTZ modelo DSP51-40-025

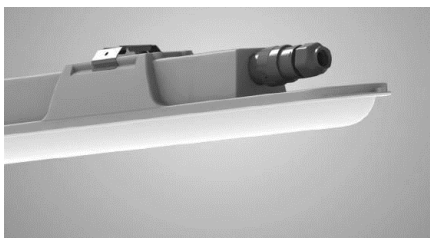


Figura 4.19

#### Especificaciones:

- 1 módulo LED lineal de 35.7 [W]
- Potencia nominal: 35.7 [W]
- Flujo total: 4127 [lm]
- Eficiencia lumínica: 116 [lm/W]
- Temperatura de color: 4000 [K]
- Potencia real total: 35.7 [W]



LP4 – Marca Castaldi modelo T90LL252DN

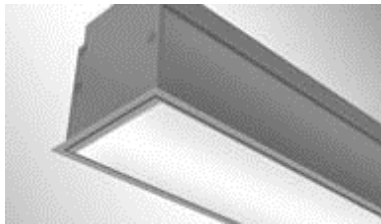


Figura 4.20

**Especificaciones:**

- 1 módulo LED lineal de 16 [W]
- Potencia nominal: 16 [W]
- Flujo total: 1591 [lm]
- Eficiencia lumínica: 99 [lm/W]
- Temperatura de color: 3000 [K]
- Potencia real total: 16 [W]

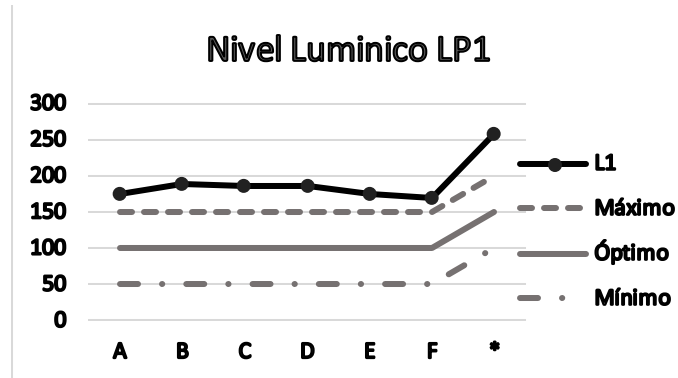
**Análisis de las luminarias modelo**

Se realizaron las simulaciones correspondientes para cada una de las luminarias modelo y se extrajo la información de la cantidad de luminarias recomendadas, así como del nivel lumínico.

• Resultados LP1

Pasillo	Cantidad de LP1	Nivel lumínico
A	2	175
B	2	190
C	2	186
D	2	186
E	1	176
F	2	169
Escaleras(*)	1	259

Tabla 4.12

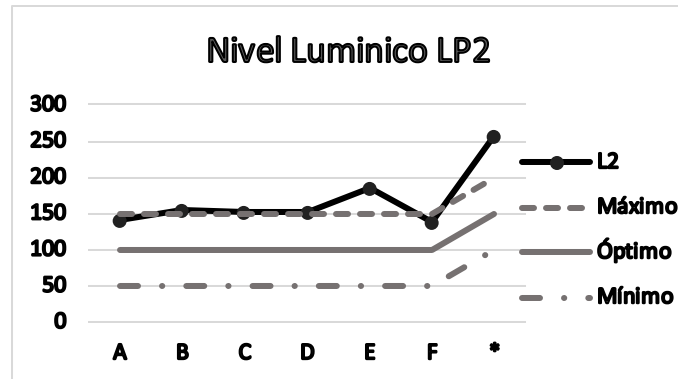


Gráfica 4.5

• Resultados LP2

Pasillo	Cantidad de LP2	Nivel lumínico
A	3	141
B	3	155
C	3	151
D	3	151
E	2	184
F	3	137
Escaleras(*)	2	257

Tabla 4.13

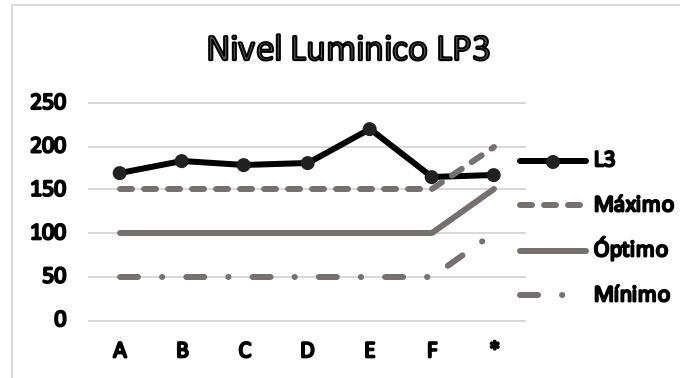


Gráfica 4.6

• *Resultados LP3*

Pasillo	Cantidad de LP3	Nivel lumínico
A	3	170
B	3	184
C	3	179
D	3	180
E	2	219
F	3	165
Escaleras(*)	1	167

Tabla 4.14

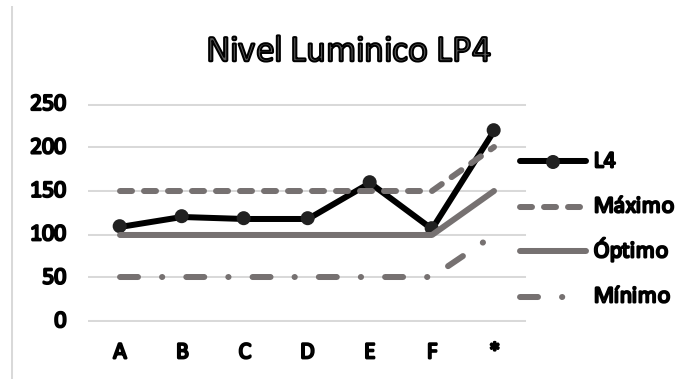


Gráfica 4.7

• *Resultados LP4*

Pasillo	Cantidad de LP4	Nivel lumínico
A	4	109
B	4	121
C	4	117
D	4	118
E	2	159
F	4	106
Escaleras(*)	3	220

Tabla 4.15



Gráfica 4.8

Utilizando estos resultados, se realizó el análisis de consumo eléctrico teórico en kWh con la fórmula siguiente:

$$\text{Consumo de jornada} = \text{Potencia Real} * \text{Horas} * \text{Total de luminarias}$$

Considerando la cantidad de luminarias de un piso y una jornada de 10 horas.

Luminaria	Potencia real [kW]	Horas	Total de luminarias	Consumo teórico
LP1	0.0420	10	12	5.04
LP2	0.0240	10	19	4.56
LP3	0.0357	10	18	6.43
LP4	0.0160	10	25	4.00

Tabla 4.16

## Observaciones de las luminarias

### LP1

- La cantidad de luminarias recomendadas es de máximo dos, lo cual da una cobertura regular con zonas oscuras. El nivel lumínico se ubica sobre el máximo requerido, además la iluminación es irregular en los extremos de las áreas. El consumo teórico es alto considerando la cantidad de luminarias.

### LP2

- La cantidad de luminarias recomendada es de un máximo de tres, lo cual da una buena cobertura del espacio con algunas zonas oscuras. El nivel lumínico se ubica en el límite del máximo requerido, siendo la iluminación regular en las áreas entre luminarias. El consumo teórico bajo considerando que la cantidad de luminarias.

### LP3

- La cantidad de luminarias recomendada es de un máximo de tres, lo cual da una buena cobertura del espacio con algunas zonas oscuras. El nivel lumínico se ubica sobre el máximo requerido, aunque es uniforme en su mayoría. El consumo teórico es el mayor, siendo la peor opción en este aspecto.

### LP4

- La cantidad de luminarias recomendada es de un máximo de cuatro, lo cual da una muy buena cobertura y minimiza las zonas oscuras. El nivel lumínico se ubica entre el óptimo y el máximo requerido, siendo uniforme en su totalidad. El consumo teórico es el menor y considerando que es la opción con la mayor cantidad de luminarias, tiene el mejor rendimiento en ese aspecto.

La luminaria LP4 fue seleccionada como reemplazo a la actual, debido a que fue aquella con los mejores resultados.

La distribución de las nuevas luminarias se orientó hacia la cobertura del área asignada antes que el diseño global de la instalación, asegurando así el cumplimiento de los requerimientos y un desempeño adecuado, siendo la nueva distribución de carácter modular.

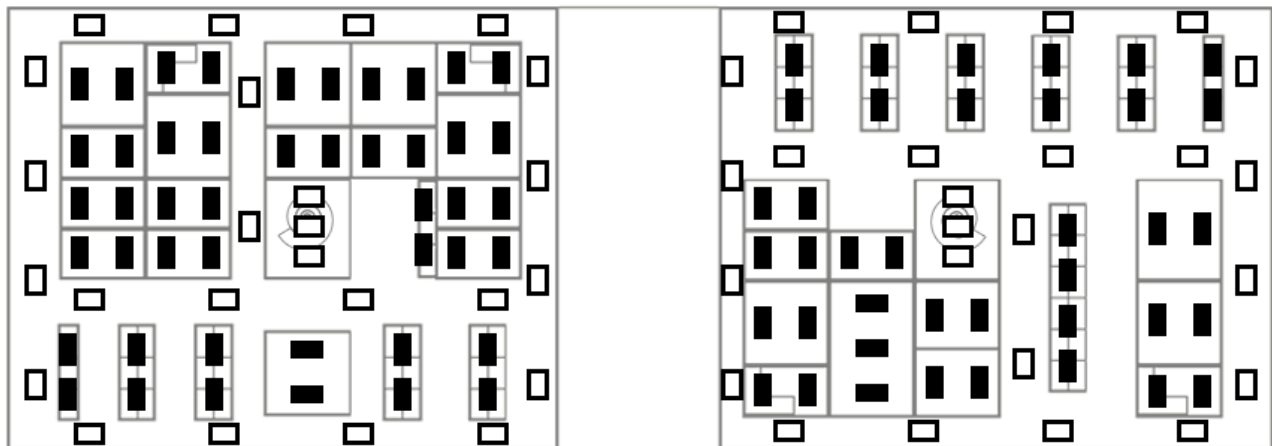


Figura 4.21

Con esta configuración se logró una reducción promedio del 50% en la cantidad de luminarias, considerando las luminarias actuales de doble tubo como una unidad.

### 4.3. Sensores

El tercer elemento del sistema son los sensores, de los cuales actualmente se encuentran instalados dos tipos: de presencia y de luz natural; que son utilizados para el control exclusivo de las luminarias de los pasillos y las escaleras, dejando a las áreas de trabajo fuera. En este proyecto se añaden tres tipos de sensores al sistema para cubrir tanto las áreas de trabajo como otros aspectos relacionados con el mantenimiento y el confort.

Para cada uno de los cinco sensores, se realizó un análisis de requerimientos y se evaluaron diferentes opciones que cumplieran con ellos, comparando sus especificaciones para elegir la mejor opción. En el caso de los dos tipos ya instalados se consideró tanto la sustitución del dispositivo como la modificación a la implementación actual para mejorar su aplicación.

#### 4.3.1. Presencia en los pasillos

El sensor instalado actualmente es el modelo LX16B de la marca IPSA, de tecnología infrarroja.



Figura 4.22

#### Especificaciones:

- Altura de montaje: 1.8 – 2.5 [m]
- Distancia de detección: 2 – 11 [m]
- Rango de detección: 180°
- Luz ambiental operacional: 10 – 2000 [lux] (ajustable)
- Tiempo de activación: 5 – 480 [s] (ajustable)
- Régimen de carga: 800[W] (máxima)
- Voltaje de operación: 90 – 130 [V]

La distribución de los sensores es en arreglos de dos o tres para cada pasillo exterior, coincidiendo con las intersecciones de los pasillos interiores y la asignación de las luminarias para estos sensores es en tres grupos independientes entre sí.

El dispositivo es sencillo y económico, sin embargo, cumple satisfactoriamente los requerimientos de forma adecuada. Su desventaja es la duración, la cual es de un año como máximo.

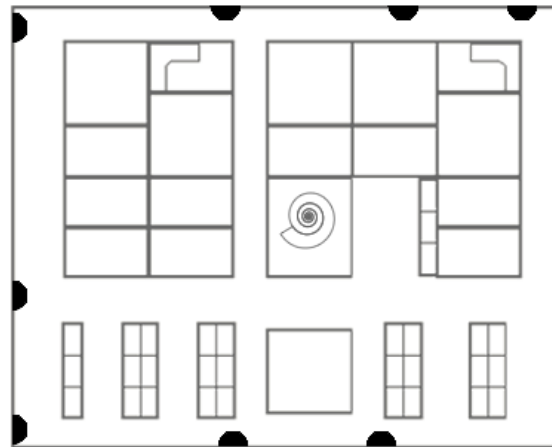


Figura 4.23

Los requerimientos a cumplir son la detección de movimiento y ocupación de los pasillos para la activación de las luminarias correspondientes; donde el área de cobertura se prioriza sobre la sensibilidad de detección.

## Sensores detectores para pasillos (SP#)

### SP1 – Marca Finder modelo 18.61

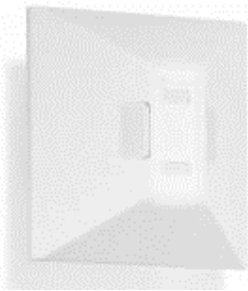


Figura 4.24

#### **Especificaciones:**

- Altura de montaje: 1.1 [m]
- Distancia de detección: 4.5 [m] en movimiento radial y 9 [m] en tangencial.
- Rango de detección: 180°
- Luz ambiental operacional: 1 – 500 e inf lux
- Tiempo de activación: 12 s - 35 min
- Voltaje de operación: 110 – 230 [V]
- Potencia nominal a 15[A]: 450 [VA]

### SP2 – Marca Legrand modelo MWS5

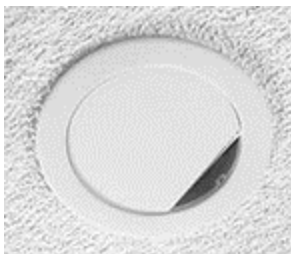


Figura 4.25

#### **Especificaciones:**

- Altura de montaje: 2.8 [m]
- Distancia de detección: 12 [m] con diámetro de 5 [m]
- Rango de detección: 360°
- Luz ambiental operacional: 10 – 1275 lux
- Tiempo de activación: 0 - 99 min
- Voltaje de operación: 230 [V]
- Carga máxima: 3 – 6 [A]

### SP3 – Marca SMARTWARES modelo ES34



Figura 4.26

#### **Especificaciones:**

- Altura de montaje: 1.8 – 2 [m]
- Distancia de detección: 12 [m]
- Rango de detección: 180°
- Luz ambiental operacional: 0 – 1000 lux
- Tiempo de activación: 5 s – 12 min
- Voltaje de operación: 220 – 240 [V]
- Potencia máxima: 1200 [W]

### SP4 – Marca Sebson



Figura 4.27

#### **Especificaciones:**

- Altura de montaje: 1 – 1.8 [m]
- Distancia de detección: 9 [m]
- Rango de detección: 160°
- Luz ambiental operacional: 3 – 2000 lux
- Tiempo de activación: 10 s – 7 min
- Voltaje de operación: 220 – 240 [V]
- Potencia máxima: 500 – 2000 W

Para la evaluación de las especificaciones de los sensores, se realizó una comparación con una puntuación de 1 a 3, donde 3 representa lo más favorable y 1 lo menos favorable; además de añadir una breve descripción complemento a la puntuación.

<b>Especificaciones</b>	<b>SP1</b>		<b>SP2</b>		<b>SP3</b>		<b>SP4</b>	
Altura de montaje	Fija	3	Fija	1	Variable	2	Variable	3
Distancia de detección	Arco	2	Recta	3	Arco	2	Arco	2
Rango de detección	Amplio	3	Total	2	Amplio	3	Acotado	1
Luz ambiental operativa	Ajustable	3	Ajustable	3	Variable	2	Variable	2
Tiempo de activación	Ajustable	3	Ajustable	3	Ajustable	2	Ajustable	2
Voltaje de operación	Local	3	Europeo	2	Europeo	2	Europeo	2
<b>Puntuación</b>	<b>17</b>		<b>14</b>		<b>13</b>		<b>12</b>	

Tabla 4.17

Para la evaluación de la cantidad de dispositivos requeridos, se realizó la simulación de las distribuciones considerando los valores de rango y distancia de detección.

SP1 – Finder 18.61

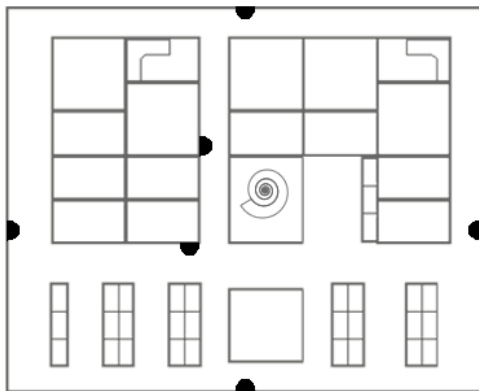


Figura 4.28

SP2 – Legrand MWS5

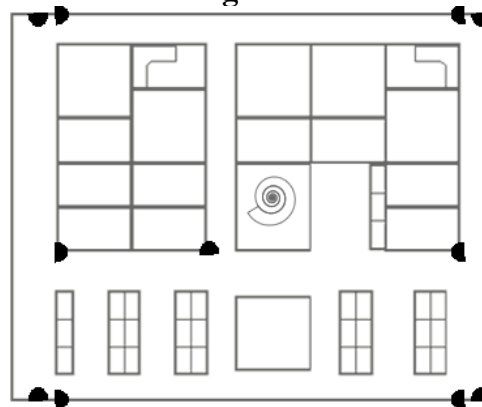


Figura 4.29

SP3 – Smartwares ES34

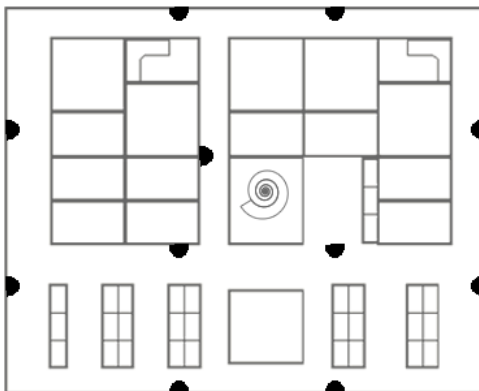


Figura 4.30

SP4 – Sebson

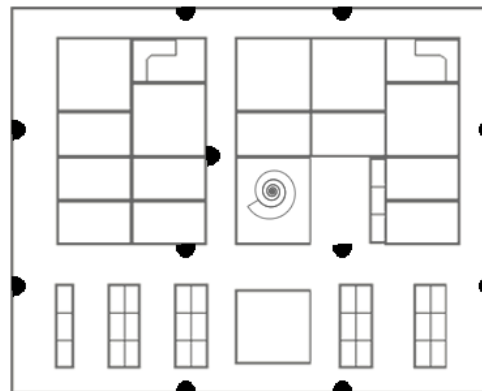


Figura 4.31

Para la evaluación de la duración de los dispositivos, se realizó la comparación de la información acerca de la vida útil en la documentación correspondiente.





	SP1	SP2	SP3	SP4
<b>Dispositivo</b>				
<b>Duración</b>	6 – 10 años	5 años	2 años	1 año

Tabla 4.18

### Observaciones de los sensores

#### SP1

- La altura de montaje es adecuada para colocarse en cualquier muro y no tener problemas de cobertura. La longitud y rango de detección permiten cubrir cada pasillo con un solo dispositivo. Los parámetros de operación de luz ambiental y tiempo de activación son de fácil de programar y poseen buena precisión. Los aspectos técnicos son fácilmente resueltos por su sencilla instalación y el voltaje de operación de 127 [V].

#### SP2

- La versatilidad de este sensor para su instalación es una ventaja, aunque, la altura es un inconveniente para la distribución de cubículos sin techo. Los valores de detección son insuficientes para cubrir los pasillos, requiriendo al menos dos dispositivos por área. Los parámetros de operación de luz ambiental y tiempo de activación son fáciles de programar y poseen buena precisión. La instalación de este dispositivo es sencilla, sin embargo, el voltaje de operación requiere de dispositivos adicionales.

#### SP3

- La altura de montaje puede requerir de una escalera para su instalación y mantenimiento. Los valores de detección son menores a lo indicado en los catálogos. Los parámetros de operación de luz ambiental y tiempo de activación son fáciles de programar, aunque variables e imprecisos. La instalación de este dispositivo es sencilla, sin embargo, el voltaje de operación requiere de dispositivos adicionales.

#### SP4

- La altura de montaje es adecuada para colocarse en cualquier muro y con cobertura suficiente. Los valores de detección son menores a lo indicado en los catálogos. Los parámetros de operación de luz ambiental y tiempo de activación son fáciles de programar, aunque variables e imprecisos. La instalación de este dispositivo es sencilla, sin embargo, el voltaje de operación requiere de dispositivos adicionales.

El sensor SP1 fue seleccionado como reemplazo, debido a que presenta mejor desempeño que el resto de opciones y el dispositivo actual.

### 4.3.2. Nivel de luz natural

El sensor instalado actualmente es el modelo 2021 de la marca TORK, de tecnología fotosensible.



Figura 4.32

#### Especificaciones:

- Nivel de operación (ON): 10 – 30 [lux]
- Nivel de operación (OFF): 50 – 150 [lux]
- Orientación de instalación: Omnidireccional
- Voltaje de operación: 127 [V]
- Capacidad Balastro: 1800 [VA]
- Contactos: Normalmente cerrados

La ubicación del sensor es al comienzo del pasillo exterior más alejado de la ventana y su función es activar las luminarias asignadas desde el horario de la tarde, cuando el nivel de luz natural es bajo, hasta el final de la jornada.

Las luminarias asignadas proveen de la iluminación mínima para transitar, siendo tres en el caso de los pasillos y cuatro en las escaleras. El área de cobertura de este sensor son los dos pasillos horizontales más alejados de la ventana.

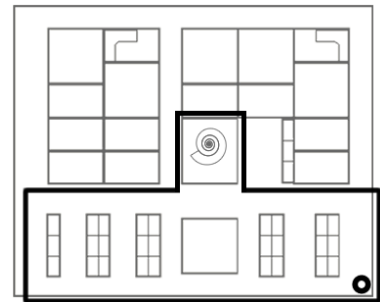


Figura 4.33

El sensor es una fotocelda diseñada con protección para exteriores y una duración de 5000 ciclos de operación, lo cual es una muy larga vida útil. El requerimiento a cumplir es la detección del nivel de luz natural percibido, para la activación de las luminarias correspondientes en los horarios de la tarde cuando son principalmente requeridos.

### Sensores de luz natural (SN#)

SN1 – Marca Tork modelo 5321



Figura 4.34

#### Especificaciones:

- Nivel de operación (ON): 3 – 10 [lux]
- Nivel de operación (OFF): 4 – 8 [horas]
- Retardo en el apagado: 3 – 5 [s]
- Voltaje de operación: 127 [V]
- Capacidad de balastro: 1800 [VA]
- Instalación: Contacto sobrepuesto

SN2 – Marca Illux modelo FC-2104-S



Figura 4.35

#### Especificaciones:

- Nivel de operación (ON): 5 – 15 [lux]
- Nivel de operación (OFF): a partir de 25 [lux]
- Retardo en el apagado: 3 – 5 [s]
- Voltaje de operación: 110 – 240 [V]
- Corriente nominal: 10 [A]
- Instalación: Contacto sobrepuesto



SN3 – Marca Electraline modelo 58060



Figura 4.36

**Especificaciones:**

- Nivel de operación (ON): 5 – 300 [lux]
- Voltaje de operación: 230 [V]
- Potencia máxima: 1000 [W]
- Voltaje de operación: 230 [V]
- Instalación: Superficial IP44

SN4 – Marca SGI SIstemas modelo BRC1

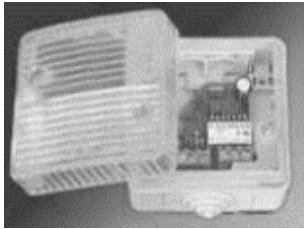


Figura 4.37

**Especificaciones:**

- Operación: Analógica o digital
- Voltaje de operación: 15 [Vcc]
- Consumo en reposo: 10 [mA]
- Consumo en operación: 60 [mA]
- Instalación: Superficial IP55

Para la evaluación de las especificaciones de los sensores, se realizó una comparación con una puntuación de 1 a 3, donde 3 representa lo más favorable y 1 lo menos favorable; además de añadir una breve descripción complemento a la puntuación.

Especificaciones	SN1		SN2		SN3		SN4	
Nivel de operación	Oscuridad	2	Oscuridad	2	Variable	3	Variable	3
Voltaje de operación	Local	3	Local	3	Europeo	1	Baterías	2
Instalación	Contacto	2	Contacto	2	Pared	3	Pared	3
Dimensiones	Visible	2	Visible	2	Visible	2	Discreto	3
<b>Puntuación</b>		<b>9</b>		<b>9</b>		<b>9</b>		<b>11</b>

Tabla 4.19

La evaluación de la cantidad de dispositivos requeridos se omitió y la simulación de las distribuciones se enfocó en la cobertura de las luminarias a asignar, dando como resultado solo un tipo de distribución.

La cual tiene cobertura en los dos pasillos interiores y las escaleras, siendo las áreas con mayor riesgo de accidente en caso de no contar con la iluminación adecuada. La ubicación del sensor se estableció en el extremo del pasillo interior de cara a la ventana.

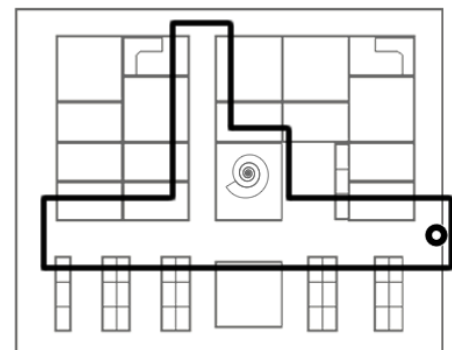


Figura 4.38

Para la evaluación de la duración de los dispositivos, se realizó la comparación de la información acerca de la vida útil en la documentación correspondiente.




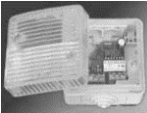
	SN1	SN2	SN3	SN4
<b>Dispositivo</b>				
<b>Duración</b>	5 años	5 años	2 años	1 año

Tabla 4.20

### Observaciones de los sensores

#### SN1

- El umbral de activación es cercano a una oscuridad total, lo cual es útil para las áreas a las cuales se asigna; sin embargo, el mecanismo de desactivación es un temporizador de fábrica, que puede presentar problemas si no se tienen caracterizados los horarios de operación. El voltaje de operación y la instalación son sencillos, y se realizan sin muchas complicaciones facilitando las tareas de mantenimiento. Su tiempo de vida es basado en la duración de los contactos, siendo garantizados cinco años por parte del fabricante.

#### SN2

- El umbral de activación es cercano a una oscuridad total, lo cual resulta útil para las áreas a las cuales se asigna y su diseño es para operación en horario nocturno. El voltaje de operación y la instalación son sencillos, y se realizan sin muchas complicaciones facilitando las tareas de mantenimiento. Su tiempo de vida es basado en la duración de los contactos, siendo garantizados cinco años por parte del fabricante.

#### SN3

- El umbral de activación de este dispositivo es ajustable a un rango amplio, lo cual permite diferenciarlo de un dispositivo crepuscular y brinda utilidad en un horario mayor. La instalación del dispositivo es sencilla, sin embargo, el voltaje de operación requiere elementos adicionales. Su tiempo de vida se estima para condiciones exteriores y el fabricante garantiza dos años.

#### SN4

- El umbral de activación de este dispositivo es programable y permite un tiempo de operación exacto. La instalación es sencilla, sin embargo, el voltaje de operación requiere elementos adicionales. Su tiempo de vida máximo es de un año, lo cual representa una desventaja respecto a los demás a pesar de sus condiciones de control y programación.

En este caso la sustitución no es considerada la mejor opción y se puede conservar el mismo sensor, modificando su operación e instalación. Las opciones encontradas no mejoran el desempeño o aportan una diferencia significativa, siendo opciones como el SN2, similares a al dispositivo actual que dependiendo del precio y disponibilidad sería una alternativa.

### 4.3.3. Ocupación en las áreas de trabajo

Este es uno de los sensores añadidos, cuyo objetivo es proporcionar la información necesaria para dar autonomía a la operación de las luminarias en las áreas de trabajo, de la misma forma que lo tienen en los pasillos y escaleras.

Debido a que es una de las implementaciones al sistema, se carece de un dispositivo actual, distribución y demás antecedentes. Los requerimientos a cumplir son la detección de movimiento y ocupación en las áreas de trabajo para la activación de las luminarias correspondientes; de manera similar a los pasillos, con la diferencia de que se prioriza la sensibilidad de detección sobre el área de cobertura.

#### Sensores detectores para las áreas de trabajo (ST#)

##### ST1 – Marca EATON modelo VNW-D



Figura 4.39

##### **Especificaciones:**

- Tecnología PIR y Ultrasónica
- Voltaje de operación: 120 – 277 [V]
- Tiempo de activación: 15 [s] – 30 [min]
- Área mínima de cobertura: 6 [m] x 5 [m]
- Área máxima de cobertura: 11 [m] x 9 [m]
- Luz ambiental de operación: 0 – 2000 [lux]

##### ST2 – Marca Philips modelo OccuSwitch



Figura 4.40

##### **Especificaciones:**

- Tecnología IR
- Voltaje de operación: 230 [V]
- Tiempo de activación: 1 – 30 [min]
- Área mínima de cobertura: 4 [m] x 5 [m]
- Área máxima de cobertura: 6 [m] x 8 [m]
- Luz ambiental de operación: 250 – 1000 [lux]

##### ST3 – Marca Legrand modelo EBMPIR-MB-PRM-110

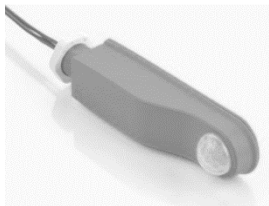


Figura 4.41

##### **Especificaciones:**

- Tecnología PIR
- Voltaje de operación: 110 [V]
- Tiempo de activación: 10 [s] – 99 [min]
- Área mínima de cobertura: 9 [m] x 9 [m]
- Área máxima de cobertura: 16 [m] x 16 [m]
- Luz ambiental de operación: 0 – 2000 [lux]

Para la evaluación de las especificaciones de los sensores, se realizó una comparación con una puntuación de 1 a 3, donde 3 representa lo más favorable y 1 lo menos favorable; además de añadir una breve descripción complemento a la puntuación.

Especificaciones	ST1		ST2		ST3	
Cobertura tecnológica	Dual	3	Singular	2	Singular	1
Voltaje de operación	Local	3	Europeo	2	Local	3
Tiempo de activación	Ajustable	3	Ajustable	2	Ajustable	3
Área de cobertura	Ajustable	3	Ajustable	3	Ajustable	2
Luz ambiental de operación	Ajustable	3	Ajustable	3	Ajustable	3
Puntuación		15		12		12

Tabla 4.21

Para la evaluación de la cantidad de dispositivos requeridos, se realizó la simulación de las dos distribuciones posibles considerando el tipo de montaje de los sensores.

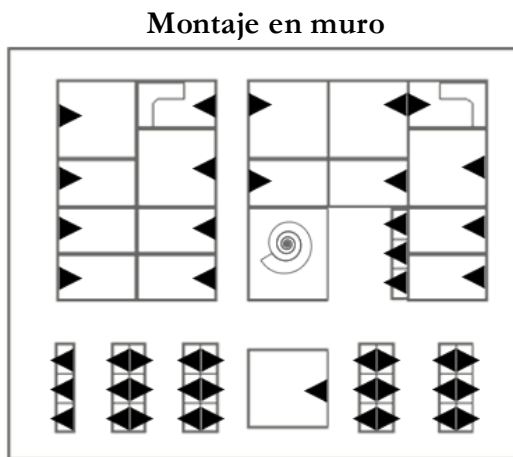


Figura 4.42

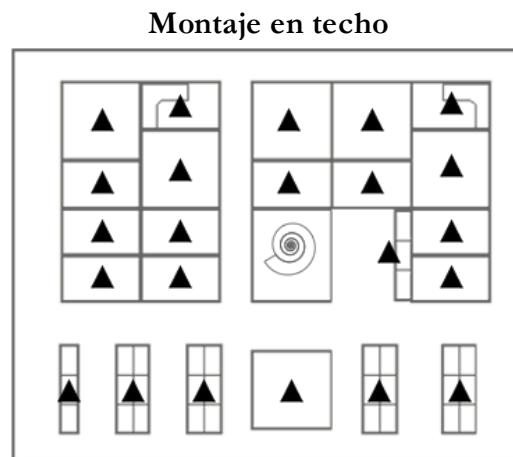


Figura 4.43

La distribución de montaje en muro considera un sensor para cada área cerrada y cada cubículo abierto, mientras que la distribución de montaje en techo considera un sensor para cada área cerrada y grupo de tres o seis cubículos abiertos.

Para la evaluación de la duración de los dispositivos, se realizó la comparación de la información acerca de la vida útil en la documentación correspondiente.

	ST1	ST2	ST3
<b>Dispositivo</b>			
<b>Duración</b>	5 años	2 años	5 años

Tabla 4.22

## **Observaciones de los sensores**

### ST1

- Las dimensiones del dispositivo y su cobertura son adecuadas para las áreas cerradas, así como su sensibilidad que reconoce diferentes tipos de movimiento para determinar si el área está ocupada o no. En las áreas abiertas sus especificaciones exceden los requerimientos, tanto el nivel de sensibilidad como la cobertura del dispositivo. Los aspectos técnicos son compatibles con las luminarias propuestas y el tiempo de vida es prolongado.

### ST2

- La cobertura del dispositivo excede las dimensiones de algunos grupos de áreas cerradas, lo cual requeriría ajustes en su instalación. En las áreas abiertas cubre adecuadamente los requerimientos y se ocupa un solo dispositivo. El voltaje de operación requiere dispositivos adicionales y su tiempo de vida es corto en comparación a otros dispositivos.

### ST3

- La cobertura mínima del dispositivo es mayor a las dimensiones de las áreas de trabajo, tanto cerradas como abiertas y requeriría ajustes adicionales para operar. Los aspectos técnicos son adecuados y es de fácil instalación, puesto que incluye el cableado requerido. El tiempo de vida es prolongado y su montaje es compatible con el tipo de luminarias propuestas.

En este caso se seleccionaron los sensores ST1 y ST2 para su implementación; el ST1 se consideró para las áreas cerradas, mientras que el ST2 para los cubículos abiertos. Esta selección se realizó debido a que cada uno es la mejor opción tanto en cobertura como en cantidad de dispositivos para cada situación.

#### 4.3.4. Consumo eléctrico

Este es uno de los sensores añadidos, cuyo objetivo es proporcionar la información necesaria para monitorear el consumo eléctrico, permitiendo identificar oportunidades de ahorro. Debido a que es una de las implementaciones al sistema, se carece de un dispositivo actual, distribución y demás antecedentes. Los requerimientos a cumplir son la medición del consumo, además del almacenamiento de tal información.

#### Sensores de consumo eléctrico (SC#)

##### SC1 – Marca Circutor modelo Wibeec Max

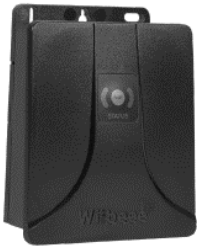


Figura 4.44

#### Especificaciones:

- Corriente máxima: 350 - 700 [A]
- Comunicación: Wi-Fi
- Registro de la información: Local y Nube
- Montaje: Soporte magnético y carril DIN
- Voltaje de operación: 95 – 400 [V]

##### SC2 – Marca Lumidim



Figura 4.45

#### Especificaciones:

- Corriente máxima: 200 [A]
- Comunicación: RS485 – Ethernet con adaptador USB
- Registro de la información: Local, Terminal y Web
- Montaje: Carril DIN
- Voltaje de operación: 120 – 480 [V]

##### SC3 – Marca Circutor modelo CEM-C10



Figura 4.46

#### Especificaciones:

- Corriente máxima: 65 [A]
- Comunicación: Óptica a un módulo de comunicaciones.
- Registro de la información: Local y Terminal
- Montaje: Carril DIN
- Voltaje de operación: 127 – 230 [V]

Para la evaluación de las especificaciones de los sensores, se realizó una comparación con una puntuación de 1 a 3, donde 3 representa lo más favorable y 1 lo menos favorable; además de añadir una breve descripción complemento a la puntuación.

Especificaciones	SC1		SC2		SC3	
Corriente máxima	Rango extendido	3	Rango amplio	2	Rango acotado	1
Comunicación	Inalámbrica	3	Alámbrica	3	Alámbrica	2
Registro de la información	Múltiple	2	Múltiple	3	Múltiple	2
Montaje	Dual	3	Carril	2	Carril	2
Voltaje de operación	Rango extendido	3	Rango amplio	2	Rango acotado	1
Puntuación		14	12		8	

Tabla 4.23

La evaluación de la cantidad de dispositivos requeridos se omitió, al igual que la simulación de las distribuciones debido a que es un dispositivo que se coloca en el área del centro de carga de cada ala. Para la evaluación de la duración de los dispositivos, se realizó la comparación de la información acerca de la vida útil en la documentación correspondiente.




Dispositivo	SC1	SC2	SC3
			
Duración	5 años	5 años	4 años

Tabla 4.24

### Observaciones de los sensores

#### SC1

- Los valores de voltaje y corriente máximos cubren adecuadamente los valores estimados de trabajo del sistema. La presentación de la información requiere algún equipo de cómputo para revisarse, carece de una terminal para observar las mediciones en el dispositivo; sin embargo, el respaldo en la nube que permite la consulta remota. Las opciones de montaje facilitan su instalación y su operación es muy sencilla, requiere poco o nulo mantenimiento.

#### SC2

- Los valores de voltaje y corriente máximos cubren de manera adecuada los valores estimados de trabajo del sistema. El dispositivo cuenta con un adaptador USB para la consulta de información, además de una terminal para observar las lecturas en tiempo real. El montaje y la operación son sencillos, requiriendo poco o nulo mantenimiento.

#### SC3

- Los valores de operación cuentan con un rango acotado a los valores típicos en las instalaciones eléctricas. El módulo adicional permite el procesamiento de la información y ambos cuentan con el mismo tipo de montaje, lo cual facilita su instalación. El dispositivo cuenta con una terminal para la consulta de la lectura en tiempo real.

El sensor SC1 fue seleccionado para su implementación, debido a que presenta la mejores características para un monitoreo remoto del consumo con la mínima intervención de los ocupantes.

### 4.3.5. Nivel lumínico

Este es uno de los sensores añadidos, cuyo objetivo es proporcionar la información necesaria para monitorear que el nivel lumínico, verificando que sea el adecuado para las actividades que se realicen en las diversas áreas. Siendo una herramienta de apoyo en el mantenimiento de las luminarias. Debido a que es una de las implementaciones al sistema, se carece de un dispositivo actual, distribución y demás antecedentes. El requerimiento a cumplir es la medición del nivel lumínico.

#### Sensores de nivel lumínico (SL#)

##### SL1 – Marca Sodial modelo 14733



Figura 4.47

#### Especificaciones:

- Lectura: Digital
- Rango de medición: 0 – 200,000 [lux]
- Resolución: 1 [lux]
- Voltaje de operación: 2 baterías AAA
- Montaje: Dispositivo portátil

##### SL2 – Marca Globalchip modelo GLS-LA2OD-IN4



Figura 4.48

#### Especificaciones:

- Lectura: Analógica
- Rango de medición: 0 – 20,000 [lux]
- Resolución: 1 [lux]
- Voltaje de operación: 24 [V]
- Montaje: Pared

##### SL3 – Marca GCE Electronics modelo IPX800V4



Figura 4.49

#### Especificaciones:

- Lectura: Analógica
- Rango de medición: 1 – 60,000 [lux]
- Resolución: 1 [lux]
- Voltaje de operación: 3.3 - 5 [V]
- Montaje: Pared

Para la evaluación de las especificaciones de los sensores, se realizó una comparación con una puntuación de 1 a 3, donde 3 representa lo más favorable y 1 lo menos favorable; además de añadir una breve descripción complemento a la puntuación.



Especificaciones	SL1		SL2		SL3	
Lectura	Digital	3	Analógica	2	Analógica	2
Rango de medición	Extendido	3	Amplio	2	Amplio	2
Voltaje de operación	Baterías	3	Bajo consumo	2	Mínimo consumo	2
Montaje	Portátil	3	Pared	2	Pared	2
Puntuación		12		8		8

Tabla 4.25

Para la distribución de los dispositivos se tiene una única configuración, la cual corresponde a SL2 y SL3, ya que SL1 es un dispositivo portátil.

La distribución consiste en colocar un dispositivo por cubículo o espacio donde se deba realizar la medición, en alguna pared a la altura del plano de trabajo.

Esto es con el objetivo de evaluar las condiciones de trabajo de los ocupantes.

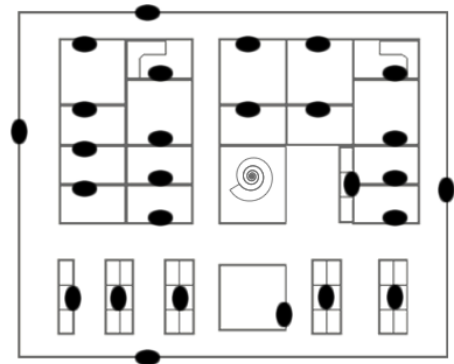


Figura 4.50

## Observaciones de los sensores

### SL1

- La portabilidad permite analizar diferentes zonas de la misma área, dando una mayor flexibilidad para el análisis del confort. El uso del dispositivo es sencillo y permite realizar lecturas con los recorridos de mantenimiento habituales, sin causar demoras. El mantenimiento es casi nulo, al ser un dispositivo de baterías.

### SL2

- El área de cobertura de este dispositivo y su rango de medición sobrepasan las condiciones de las áreas, desaprovechando el potencial del mismo. Las dimensiones del dispositivo y su montaje en pared son un inconveniente, ya que los muebles de las áreas pueden obstaculizar su colocación.

### SL3

- El área de cobertura de este dispositivo y su rango de medición son adecuados, además de tener un tamaño que facilita el montaje en pared. Las dos variables adicionales que detecta este dispositivo son descartadas, con lo cual se desaprovecha más del 50% de su operación. El tiempo de vida garantizado por el fabricante es muy corto en comparación con otros dispositivos.

En este caso se seleccionó el SL1 ya que su facilidad de uso permite integrarlo a las rutinas de mantenimiento y su flexibilidad otorga mayores oportunidades de analizar adecuadamente la luminosidad de diferentes secciones de las áreas. Además se consideró el ahorro en mantenimiento e instalación.

## 4.4. Unidad de control

El cuarto del sistema es la unidad de control, cuya tarea es ser el puente de comunicación entre los sensores y las luminarias. Siendo necesarios dos elementos para este objetivo: el primero de ellos es la ruta de comunicación desde el sensor hasta la luminaria; y el segundo es la unidad de control como tal, que a su vez pertenece a la ruta de comunicación.

### 4.4.1. Ruta de comunicación

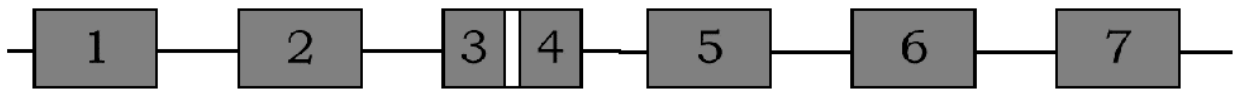


Figura 4.51

El diagrama de la ruta de comunicación se compone de 7 pasos o etapas, los cuales corresponden a los elementos principales que intervienen.

#### Etapa 1. Origen de la señal

La ruta de comunicación considera para su diseño a tres de los cinco sensores previamente seleccionados, debido a que la operación de los SP, SN y ST tiene relación directa con la activación de las luminarias; a diferencia de los SC y SL, cuya operación se orienta al mantenimiento y confort.

La etapa 1 comprende la señal de control que se encuentra disponible a la salida del sensor y se origina con la detección de ocupación en el área correspondiente. El voltaje de operación en esta etapa es de 127 [V] de corriente alterna.

#### Etapa 2. Actuador de entrada

La señal a la salida del sensor debe ser procesada posteriormente por un circuito de menor voltaje y corriente directa, por lo tanto, para la selección del actuador se consideró tanto la protección del circuito de menor voltaje como la conversión al voltaje correspondiente. Y el elemento seleccionado fue un relevador que tiene la característica de funcionar como interruptor entre dos circuitos al aislar los voltajes de operación entre sí.

La etapa 2 comprende la entrada de la señal al relevador y la conversión a la salida. Al ser utilizado un voltaje de alimentación de corriente alterna se requiere un convertidor a la salida del relevador que proporcione los 5 [V]. El voltaje de operación en esta etapa es de 127 [V] de corriente alterna a la entrada y 5[V] de corriente directa a la salida.

#### Etapa 3. Transmisión

La distancia entre el sensor y la unidad de control es de un par de metros y para disminuir la cantidad de cableado se consideró enviar la señal de forma inalámbrica, siendo elegida la tecnología de radiofrecuencia y para garantizar una operación sin interferencia de dispositivos similares, se acondiciono con un codificador.

La etapa 3 comprende la entrada de la señal al transmisor de radiofrecuencia con el previo acondicionamiento por el codificador y su envío a la unidad de control. El voltaje de operación en esta etapa es de 5 [V] de corriente directa.

#### Etapa 4. Recepción

La unidad de control recibe la señal con el dispositivo complemento del transmisor: un receptor de radiofrecuencia; y el decodificador correspondiente interpreta la señal recibida para ser procesada posteriormente.

La etapa 4 comprende la entrada de la señal a la unidad de control a través del receptor y su interpretación por el decodificador. El voltaje de operación de esta etapa es de 5 [V] de corriente directa.

#### Etapa 5. Procesamiento

La tarea de procesamiento en la unidad de control se realiza con la tarjeta de desarrollo NodeMCU V2, la cual fue seleccionada por sus dimensiones, la característica de contar con un módulo de comunicación WiFi y la particularidad de permitir su programación a través de la IDE de Arduino.

La etapa 5 comprende la entrada de la señal a la tarjeta de desarrollo y su salida a través de la misma. El voltaje de operación de esta etapa es de 5 [V] de corriente directa.

#### Etapa 6. Actuador de salida

La salida de la señal de la etapa de procesamiento es el final del circuito de corriente directa y para poder ser enviada a las luminarias se hace uso de otro relevador cuya función es proporcionar una la señal de 127 [V].

La etapa 6 comprende la entrada de la señal de control al relevador y su salida hacia las luminarias. Al ser utilizado un voltaje de alimentación de corriente directa se omite el uso de un convertidor. El voltaje de operación en esta etapa es de 5 [V] de corriente directa a la entrada y 127 [V] de corriente alterna a la salida.

#### Etapa 7. Destino de la señal

El fin de la ruta de comunicación es la entrada de la señal de control a las luminarias para su activación o desactivación, esto aplica para los dos tipos de luminarias seleccionadas.

La etapa 7 comprende la entrada de la señal a la luminaria y su activación o desactivación correspondiente. El voltaje de operación en esta etapa es de 127 [V] de corriente alterna.

#### 4.4.2. Diagrama

Las etapas de la ruta de comunicación se clasifican de acuerdo a dos enfoques, los cuales dan un resultado de 2 o 3 circuitos.

El primer enfoque corresponde al montaje físico de los circuitos, en este caso se puede observar que la clasificación considera la separación al momento de realizar la transmisión inalámbrica, debido a la ausencia de cableado entre las etapas 3 y 4. En esta clasificación es útil para tener una visión de la instalación y considerar los dispositivos que no corresponden a la unidad de control.

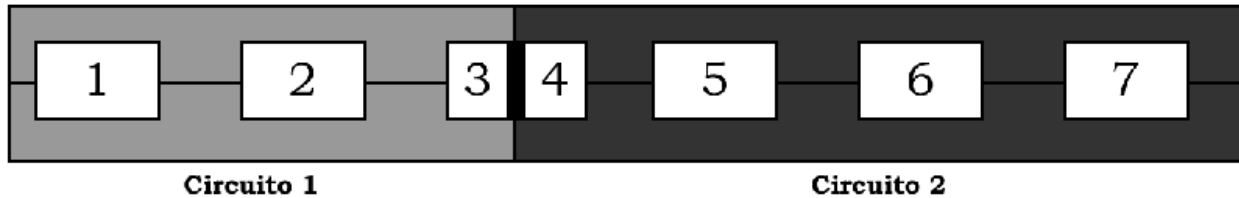


Figura 4.52

El segundo enfoque consiste en considerar el voltaje de operación, con lo cual se puede observar que las etapas con relevadores son aquellas que permiten identificar esta clasificación. El grupo de etapas correspondiente a 5 [V] corresponde en su mayoría a la unidad de control, la cual abarca las etapas 4 a 6. Esta clasificación es útil para tener una visión de las señales de entrada y salida de la unidad de control.

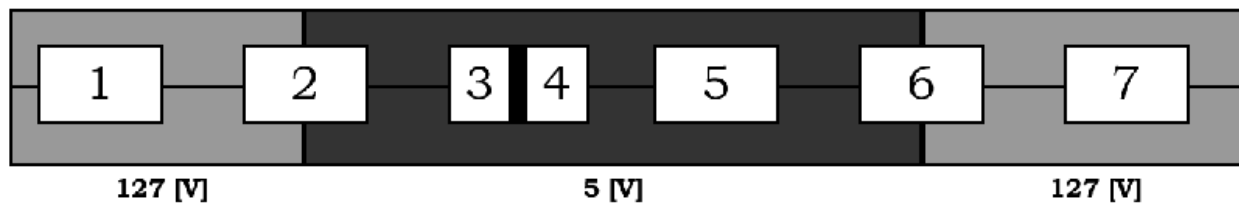


Figura 4.53

La unidad de control se encuentra dentro del bloque con voltaje de operación a 5 [V], que abarca desde la etapa 2 a la etapa 6 y los dispositivos que conforman esta sección de la ruta de comunicación son:

- Relevador de entrada
- Convertidor AC – DC
- Módulos de Tx & Rx por radiofrecuencia
- Codificador y decodificador para módulos de radiofrecuencia
- Tarjeta de desarrollo
- Relevador de salida

De estos dispositivos se realizó una ficha descriptiva de cada uno, con las especificaciones, el funcionamiento, el motivo de su selección y el diagrama de conexión.

### 4.4.3. Fichas descriptivas

#### Relevador de entrada (Etapa 2)



Figura 4.54

Para el ingreso de la señal del sensor al circuito del transmisor fue seleccionado un relevador de estado sólido que funciona con corriente alterna tanto a la entrada como a la salida, por ser el tipo de alimentación que se utiliza para todo el circuito. La conexión de este dispositivo es a través de 2 terminales de entrada y 2 de salida.

#### Relevador de estado sólido

- Voltaje de control: 24 – 380 [V]
- Corriente de control: 12 [mA]
- Voltaje de carga: 80 – 250 [V]
- Corriente de carga: 40 [A]
- Sobretensión: 1.5 [V]
- Retardo de activación: 10 [ms]
- Indicador de operación: LED

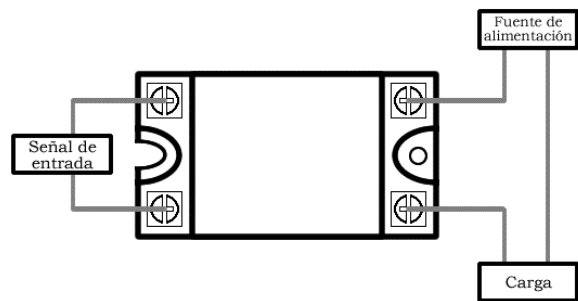


Figura 4.55

La selección de este dispositivo fue debido a su función como interruptor y el manejo de forma separada del voltaje del control (señal de entrada) y la carga (señal de salida), simplificando así la conexión entre los circuitos y permitiendo la operación con diferentes voltajes de ser el caso.

#### Convertidor AC – DC (Etapa 2)



Figura 4.56

#### Convertidor CA-CD

- Voltaje de entrada: 127 [V]
- Voltaje de salida: 5[V]
- Corriente de salida: 700 [mA]
- Potencia: 3.5 [W]

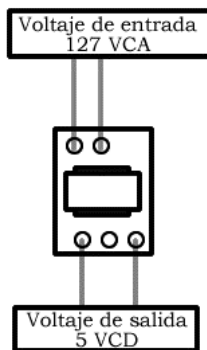


Figura 4.57

La señal a la salida del relevador debe ser acondicionada para modificarse su voltaje antes de ingresar al transmisor, siendo seleccionado un convertidor de CA a CD para esta función. La conexión de este dispositivo es a través de 2 terminales de entrada y 2 de salida.

La selección de este dispositivo fue por su simplicidad para la conversión al voltaje requerido en la siguiente etapa, evitando así el diseño de una fuente de poder para tal propósito y ende su practicidad para la instalación. Un detalle a destacar es que este convertidor incluye un pin de salida de 3.3 [V] que requiere del circuito integrado AMS1117.

### Acondicionamiento de la señal (Etapa 3)

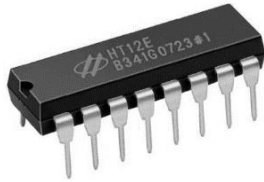


Figura 4.58

#### Circuito Integrado HT12E

- Voltaje de operación: 2.4 - 12 [V]
- Bits de dirección: 8
- Bits de datos: 4

La señal tiene un acondicionamiento previo a su entrada al transmisor que se realiza con el integrado HT12E, el cual es un codificador serial que permite asignar direcciones a los transmisores y así, evitar interferencias al usar varios dispositivos de este tipo. La conexión de las 18 terminales del integrado es la siguiente:

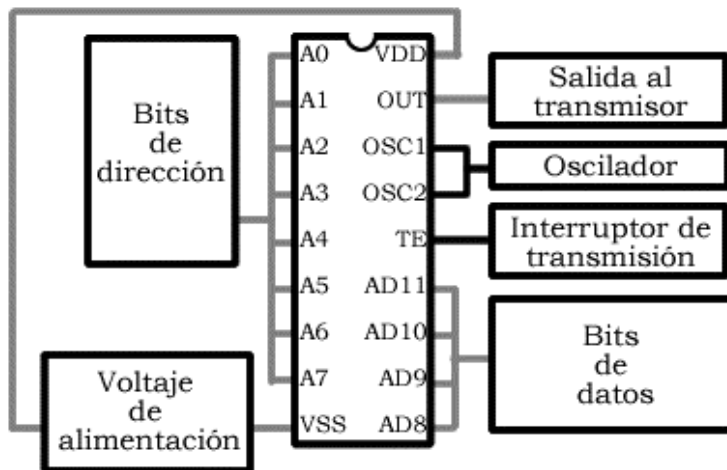


Figura 4.59

Donde:

- Los bits de dirección se utilizan para asignar la identificación del transmisor.
- El voltaje de alimentación se establece a 5 [V].
- Los bits de datos se utilizan para la entrada de la señal.
- El interruptor de transmisión se activa al ser conectado a tierra.
- El oscilador es una resistencia cuyo valor es 1/50 el del decodificador par.
- La salida es la señal a transmitir.

### Transmisor de radiofrecuencia (Etapa 3)

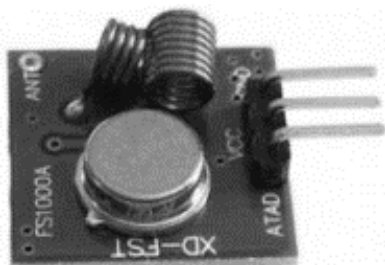


Figura 4.60

#### Tx FS1000A de 433 MHz

- Voltaje de operación: 3 – 12 [V]
- Frecuencia de operación: 433.92 [MHz]
- Potencia: 25 [mW] a 12 [V]
- Error máximo: +/- 150 [KHz]
- Velocidad de transmisión: 10 Kbps

La transmisión de la señal se realiza por la distancia entre los circuitos, la cual es de un par de metros desde la ubicación del circuito del sensor hasta la unidad de control cercana a las luminarias. La conexión de las 4 terminales del transmisor es la siguiente:

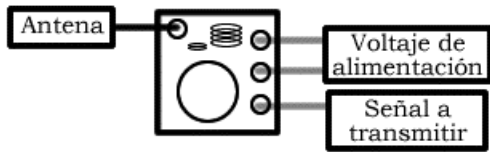


Figura 4.61

Las opciones de antena del transmisor son 3:

- De aire, es decir, no conectar nada a la terminal de antena.
- Helicoidal, una antena de cobre de 3.4 cm de longitud y 5 mm de ancho.
- Recta, un cable de cobre de 17 cm de longitud.

La elección de alguna de las opciones dependerá de las condiciones de operación del transmisor. Sin embargo, el uso de una antena se considera opcional.

### Receptor de radiofrecuencia (Etapa 4)

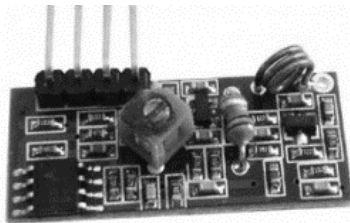


Figura 4.62

#### Rx XY-MK-5V de 433 MHz

- Voltaje de operación: 4.5 – 5.5 [V]
- Corriente de operación: 5.5 [mA]
- Frecuencia de operación: 433.92 [MHz]
- Sensibilidad: -100 dBm
- Velocidad de recepción: 9.6 Kbps

La entrada de la señal proveniente del sensor a la unidad de control es a través del receptor de radiofrecuencia complemento, el cual cuenta con 4 terminales de conexión.

El receptor cuenta con dos terminales para la señal de salida y es suficiente con usar una sola terminal. Las opciones de antena para el receptor son las mismas que para el transmisor y su uso es también opcional.

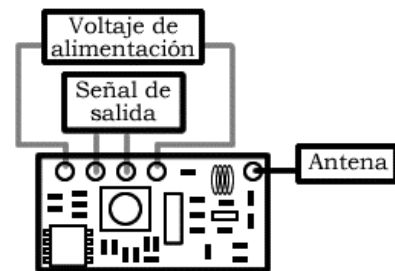


Figura 4.63

### Acondicionamiento de la señal (Etapa 3)



Figura 4.64

#### Circuito Integrado HT12D

- Voltaje de operación: 2.4 - 12 [V]
- Bits de dirección: 8
- Bits de datos: 4

La señal a la salida del receptor recibe un acondicionamiento que se realiza con el integrado HT12D, el cual es un decodificador serial que interpreta la señal de su complemento el HT12E e identifica la dirección de la transmisión.

La conexión de las 18 terminales del integrado es la siguiente:

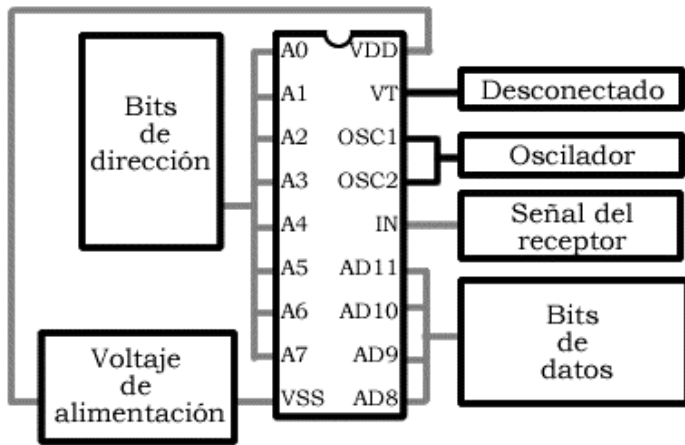


Figura 4.65

Donde:

- Los bits de dirección se utilizan para asignar la identificación del receptor.
- El voltaje de alimentación se establece a 5 [V].
- Los bits de datos se utilizan para la salida de la señal.
- La señal del receptor es la señal de entrada del circuito integrado.
- El oscilador es una resistencia cuyo valor es 50 veces mayor el del codificador par.
- La terminal VT no es usada, pero corresponde a la verificación de una transmisión válida.

El uso de los integrados HT12E y HT12D permite tener hasta 256 identificaciones diferentes para evitar las interferencias en las transmisiones, además de ser un identificador que puede ser igualado al de la unidad de control correspondiente. Esta característica permitiría la abreviatura de los circuitos a un único identificador cuya aplicación puede ser el facilitar el monitoreo de datos en etapas posteriores.

Se realizaron las simulaciones correspondientes a la transmisión y recepción, con el uso de los integrados como acondicionadores de la señal; para verificar el funcionamiento de las identificaciones, la correcta conexión y la transmisión del mensaje. Las simulaciones se realizaron con la herramienta Proteus.

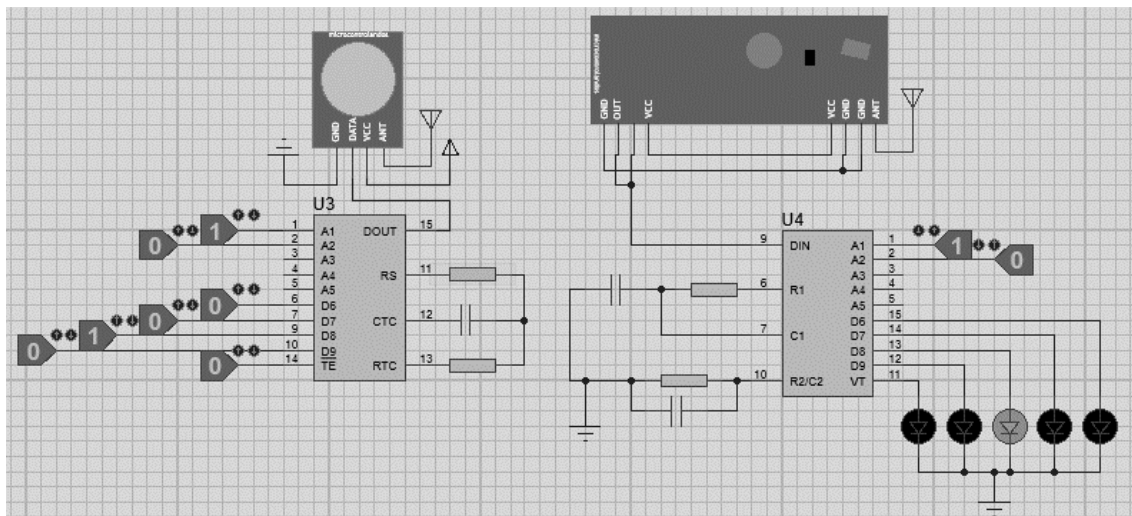


Figura 4.66



## Tarjeta de desarrollo (Etapa 5)

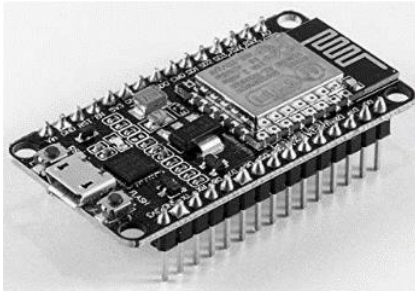


Figura 4.67

### NodeMCU V2

- Voltaje de alimentación: 5 [V]
- Voltaje de entradas y salidas: 3.3 o 5 [V]
- Corriente de salida: 12 [mA]
- Memoria Flash Externa: 4 [Mb]
- Terminales digitales: 17 de propósito general
- Estándar de transmisión: 802.11 b/g/n

La tarjeta Nodem CU utilizada para el procesamiento de la señal es una tarjeta de desarrollo abierta, tanto en software como en hardware. El objetivo de las tarjetas de desarrollo es el apoyo en la tarea de programación de un microcontrolador para simplificar tal tarea. La tarjeta se descompone en 4 partes:

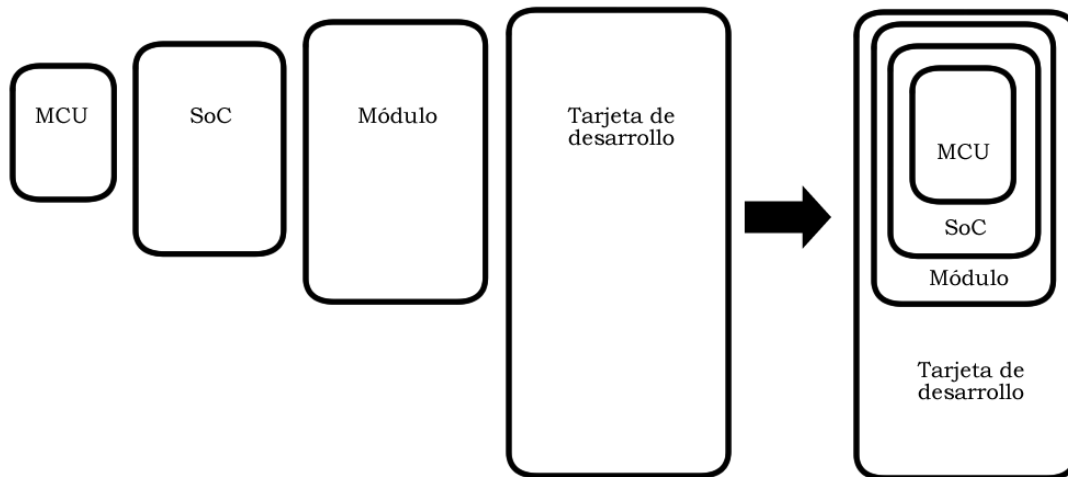


Figura 4.68

### Microcontrolador (MCU)

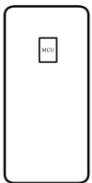


Figura 4.69

El MCU es el Tensilica L106 de 32 bits, cuya tarea es gestionar las entradas, las salidas y los cálculos requeridos para el funcionamiento de los programas que se ejecuten. Su velocidad de operación es de 80MHz, aunque es posible utilizarla a 160 MHz.

### Sistema en Chip (SoC)

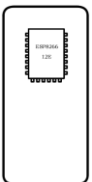


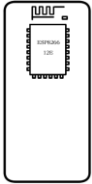
Figura 4.70

El SoC es el Chip ESP8266, el cual consiste en un chip integrado por todos los elementos necesarios para funcionar de manera autónoma como un ordenador. Este chip en particular carece de memoria Flash para almacenar los programas, siendo necesario ocupar algunas de sus terminales para conectarse a una memoria Flash externa.

Sus principales características son:

- MCU de 32 bits de bajo consumo (Tensilica L106)
- Módulo WiFi de 2.4 GHz
- Memoria RAM de 50 kB
- 1 terminal analógica de 10 bits (ADC)
- 17 terminales de entrada y salida con propósito general (GPIO)

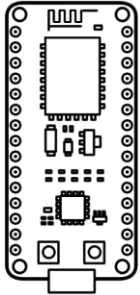
### Módulo



El módulo es el ESP-12 o ESP-12E, siendo su propósito el incorporar la memoria Flash requerida, la antena para el módulo WiFi y facilitar el acceso a las terminales del SoC, el cual también está incluido en el módulo.

Figura 4.71

### Tarjeta de desarrollo



La tarjeta es la NodeMCU V2, cuyo propósito es incorporar los componentes necesarios para facilitar el uso del ESP-12 en el desarrollo de prototipos.

Sus principales características son:

- Convertidor Serie-USB para la programación y alimentación de la placa.
- Facilidad de acceso a las terminales.
- Terminales de alimentación externa para sensores y componentes.
- LEDs indicadores de estado.
- Botón de Reset

Figura 4.72

La ventaja de usar esta tarjeta de desarrollo es que solo se requiere un ordenador, un cable de conexión USB y un entorno de desarrollo, el cual puede ser LUA o la IDE de Arduino, para comenzar a trabajar con ella.

El diagrama de las terminales de la tarjeta es el siguiente:

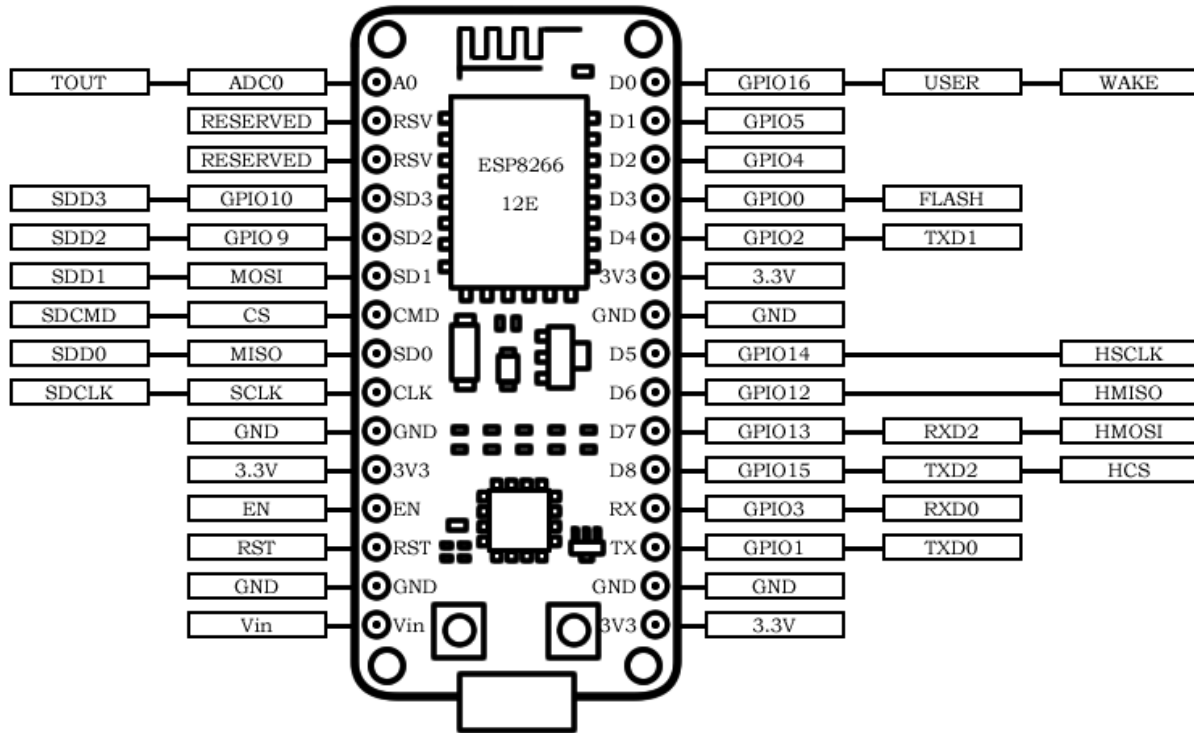


Figura 4.73

Donde:

ID	Función	Descripción
Vin	Alimentación externa	Alimentación de la tarjeta de 5 – 10 [V]
3.3 V	Alimentación interna	Alimentación a dispositivos desde la placa
GND	Tierra	Terminales de tierra
GPIOX	Entradas/Salidas a 3.3 [V]	Entrada digital (10 y 16) o analógica Todas las salidas son digitales
ADC	Salida analógica	Rango de 0 – 1 [V] en 1023 intervalos
SPI	Serial Peripheral Interface	
HSPI	Hardware-Serial Peripheral Interface	
SDIO	Inicio del ESP8266 desde SD	Este modo se activa al tener la terminal GPIO15 alimentada al encender la placa.
TX/RX	Comunicación serial Tx/Rx	Las terminales GPIO01 y GPIO02 se conectan al puerto MicroUSB

Tabla 4.26

## Relevador de salida (Etapa 6)



Figura 4.74

Para el ingreso de la señal de la unidad de control a las luminarias fue seleccionado un relevador de estado sólido que funciona con corriente directa a la entrada y corriente alterna a la salida. La conexión de este dispositivo es a través de 2 terminales de entrada y 2 de salida.

### Relevador de estado solido

- Voltaje de control: 3 - 32 [V]
- Voltaje de carga: 24 - 380 [V]
- Corriente de carga: 40 [A]
- Sobretensión: 1.5 [V]
- Retardo de activación: 20 – 40 [ms]
- Indicador de operación: LED

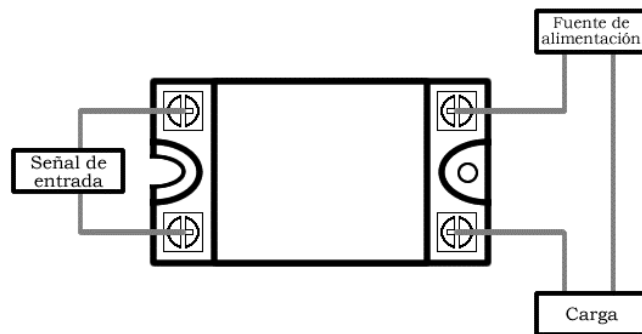


Figura 4.75

La selección de este dispositivo fue debido a su función como interruptor y el manejo de forma separada del voltaje del control (señal de entrada) y la carga (señal de salida), simplificando así la conexión entre los circuitos y permitiendo la operación con diferentes voltajes de ser el caso.

## 4.5. Instalación

El quinto elemento del sistema es la instalación, la cual además considerar los elementos ya descritos, incluye a las protecciones eléctricas y los componentes de conexión. Las protecciones son una serie de acondicionamientos a los circuitos de la ruta de comunicación para proteger a los dispositivos y ocupantes del edificio. Los componentes de conexión son aquellos que permiten el transporte de energía o sirven como contenedores de los circuitos.

### 4.5.1. Protecciones

#### Cortocircuito

El análisis del flujo de corriente en los circuitos permite identificar las posibles rutas anómalas, sin embargo, es necesario cubrir las posibilidades de algún desperfecto o avería que dé como resultado el cortocircuito.



Figura 4.76

Los elementos utilizados para evitar esta situación son los fusibles o los interruptores termomagnéticos, de los cuales se seleccionó el uso de fusibles por su bajo costo y fácil instalación.

La ubicación de esta protección es entre la fuente de alimentación y la entrada de voltaje de cada circuito, para actuar como interruptor cuando la corriente sea mayor a la capacidad del fusible.

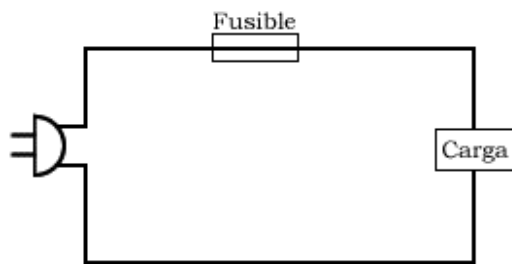


Figura 4.77

La capacidad del fusible se determina al calcular el consumo máximo de corriente del circuito y considerar el valor comercial superior más próximo, para evitar una sobrecarga.

Las tareas de mantenimiento para esta situación se facilitan con el uso de fusibles, al ubicar de manera rápida el circuito con el desperfecto.

#### Sobrecarga

El análisis de las cargas en los circuitos permite identificar las posibles situaciones en que se pueda rebasar la capacidad de carga total del mismo, sin embargo, es necesario cubrir las posibilidades para evitar las situaciones de sobrecarga que puedan generar algún daño a los dispositivos conectados o el cableado mismo.



Figura 4.78

Los elementos utilizados para evitar esta situación son los fusibles o los interruptores termomagnéticos, de los cuales, se seleccionó el uso de interruptores por su facilidad para reiniciar la energía sin la necesidad sustituir el dispositivo. Además su diseño contempla una tolerancia para sobrecargas transitorias que pudieran presentarse.

La ubicación de esta protección es entre la alimentación desde el centro de carga y los grupos de circuitos, para actuar como interruptor a mayor escala que los fusibles por su capacidad de respuesta.

La capacidad de respuesta más lenta de estos dispositivos garantiza que su accionamiento sea en situaciones de riesgo verdadero, evitando así falsas alarmas que podrían generarse con los fusibles.

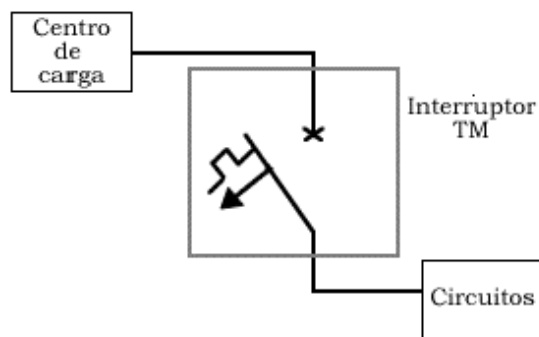


Figura 4.79

Las tareas de mantenimiento para esta situación se facilitan al no tener que sustituir el dispositivo y reestablecer la energía al accionar su interruptor.

### Electrocución

Los circuitos eléctricos involucran el uso de partes metálicas, motivo por el cual la electrocución es un riesgo posible. Sin embargo, la manipulación de los circuitos debe ser segura y por ello existen diferentes maneras de proteger a las personas.



Figura 4.80

Los elementos utilizados para evitar esta situación son las puestas a tierra y los interruptores diferenciales, de los cuales, se seleccionó el uso de las puestas a tierra por tener la ventaja adicional de no solo proteger de las cargas en el circuito a las personas, sino también al circuito.

La ubicación de esta protección es entre las partes metálicas de la instalación y alguna terminal de tierra, para actuar como ruta de salida de las posibles tensiones en las masas.

La facilidad de instalación de estas puestas a tierra brinda una gran protección para las personas y garantiza la integridad de la instalación.

Las tareas de mantenimiento para esta situación son casi nulas, únicamente se debe verificar que la conexión de las puestas a tierra no tenga desperfectos.

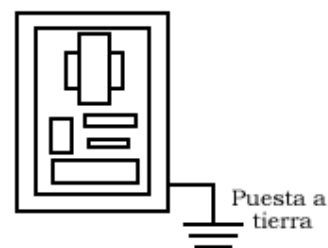


Figura 4.81

## 4.5.2. Componentes de conexión

### Conductores

Los conductores a utilizar cumplen con cuatro características que tiene relación con los factores de selección de los mismos.

**Material:** cobre.

Siendo también el aluminio un material popular para los conductores eléctricos se selecciona el cobre por tener mayor conductividad, densidad, resistencia mecánica y un menor coeficiente de dilatación. Todas estas propiedades derivan en un menor tamaño de los conductores de cobre, teniendo ventajas tanto de almacenamiento como en términos económicos.



Figura 4.82

**Flexibilidad:** cable.

La preferencia sobre el alambre es debido a la posibilidad de realizar secciones con curvaturas sin tener algún daño en el conductor. Dando así la oportunidad de mejorar la presentación de los circuitos sin una deformación permanente del conductor.

**Forma:** redondo sin compactar.



Figura 4.83

Los conductores pueden tener diferentes formas o estar seccionados, pero por lo general son circulares y los de tipo cable en particular llevan un número determinado de hilos redondos sin compactar cuyo grosor depende del uso que tendrá.

**Dimensiones:** AWG.

Las dimensiones de los conductores se refieren a la sección transversal que es medida en milímetros cuadrados, siendo un valor con decimales; sin embargo, en la escala americana (AWG) se asigna un valor par y se le denomina calibre. Esta escala de valores es inversa, siendo más grueso el conductor con menor calibre.

Es importante mencionar que el calibre también indica la intensidad de corriente que soporta el conductor, siendo mayor conforme aumenta su grosor.

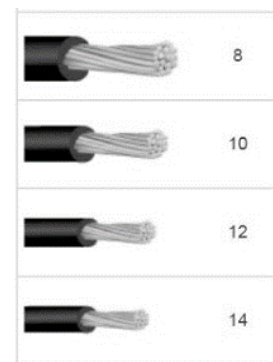


Figura 4.84

### Canalizaciones tubulares

Las canalizaciones tubulares tienen por objetivo proteger mecánicamente al cableado y darle el espacio suficiente para tener una disipación térmica adecuada por el paso de corriente. Por ello se recomienda que el cableado ocupe el 60% del área interna de la canalización y esto se calcula con los datos del área aproximada de cada calibre.

El cálculo de las canalizaciones de la instalación debe seguir la fórmula siguiente:

$$\sum_{i=0}^n C_i A_i$$

Donde:

$C$  = conductor

$A$  = área del conductor

### Contenedores

Las cajas eléctricas deben contar con la capacidad suficiente para albergar a los conductores, abrazaderas, accesorios, dispositivos y puestas a tierra; considerando además, el respectivo espacio libre de los elementos.

Para el cálculo de tal capacidad se considera la tabla ubicada en la NOM-001 que relaciona el calibre de los conductores con el espacio libre requerido en la caja y las indicaciones para la contabilización de los volúmenes correspondientes.

La capacidad obtenida del cálculo deberá ser comprendida en el volumen mínimo de la caja seleccionada.

Tamaño o designación		Espacio libre dentro de la caja para cada conductor
mm <sup>2</sup>	AWG	cm <sup>3</sup>
0.824	18	24.6
1.31	16	28.7
2.08	14	32.8
3.31	12	36.9
5.26	10	41
8.37	8	49.2
13.3	6	81.9

Figura 4.85



### 4.5.3. Diagramas

#### Líneas de alimentación principales

La instalación considera al centro de carga como la fuente de alimentación eléctrica de cada ala, del cual se utilizan siete líneas para la alimentación del sistema: cinco corresponden a las áreas de trabajo y dos a los pasillos.

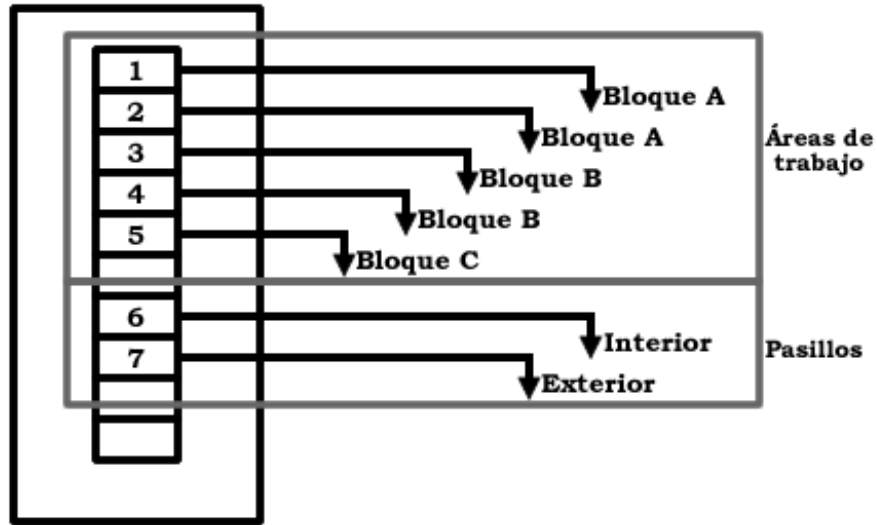


Figura 4.86

Las líneas que se denominaron principales, son aquellas cuyo recorrido va desde el tablero de distribución de cada ala hasta las unidades de control. Siendo el resto de la instalación considerado como parte de los circuitos de los sensores o las unidades de control.

#### Áreas de trabajo

Debido a la cantidad de áreas de trabajo en los bloques A y B, se determinó el uso de dos líneas de alimentación en cada caso, mientras que el bloque C solo cuenta con una. Aunque el uso de las dos líneas es opcional y sujeto a consideración de los cálculos de la demanda eléctrica del sistema, debido a que las distribuciones varían entre los pisos. El recorrido teórico pretende simplificar el cableado y facilitar las tareas de mantenimiento.

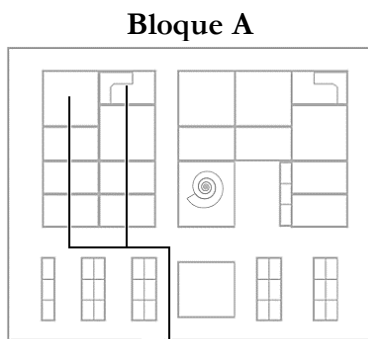


Figura 4.87

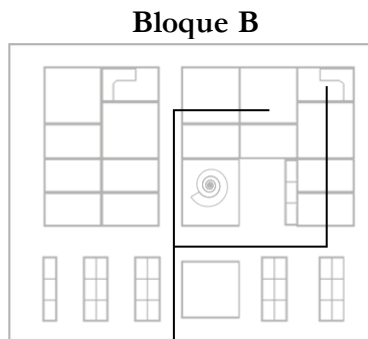


Figura 4.88

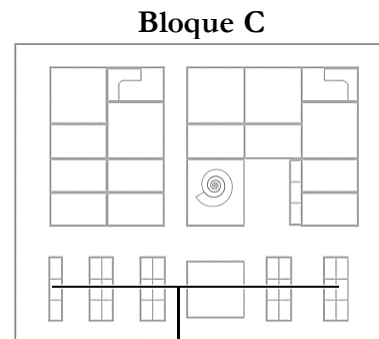


Figura 4.89

## Pasillos

En el caso de los pasillos se utilizó solo una línea de alimentación para cada tipo, debido a la cantidad de luminarias y potencia de las mismas.

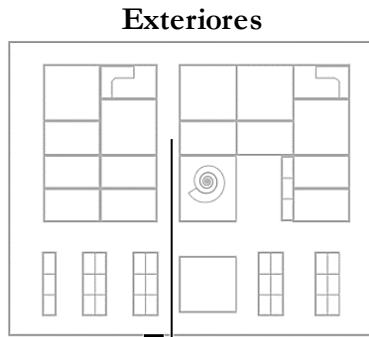


Figura 4.90

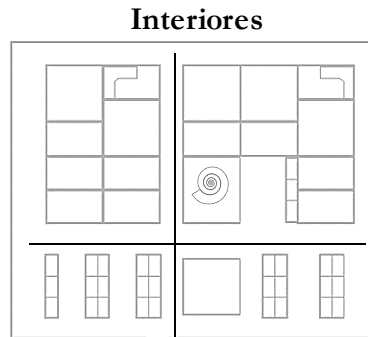


Figura 4.91

## Distribución de los elementos

Los elementos en cada línea de alimentación se dividen en dos grupos: el primero son los circuitos de los sensores y el segundo las unidades de control.

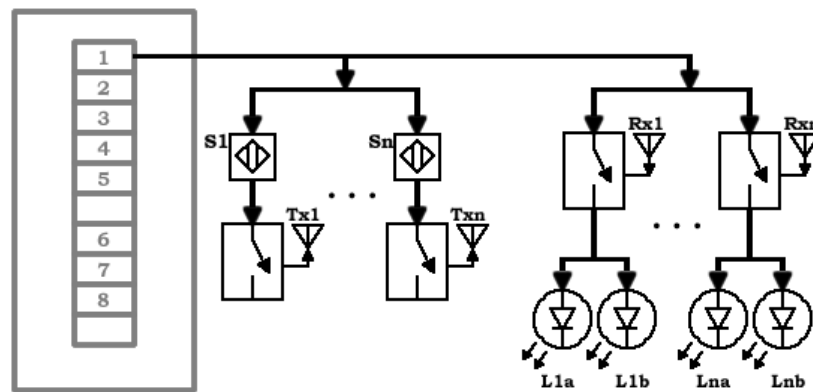


Figura 4.92

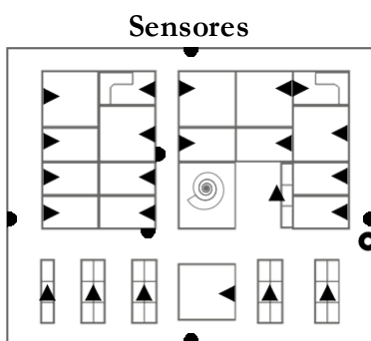


Figura 4.93

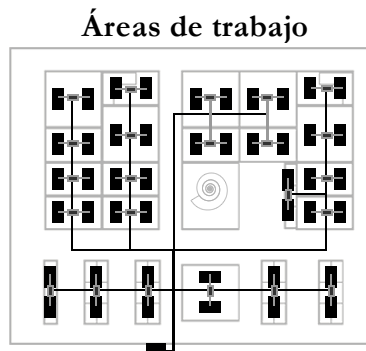


Figura 4.94

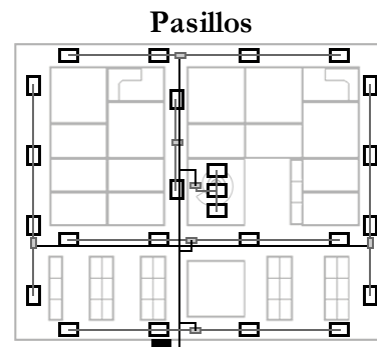


Figura 4.95

La alimentación de los sensores es directamente de los contactos de las áreas asignadas, mientras que la de las luminarias es a través de las unidades de control.

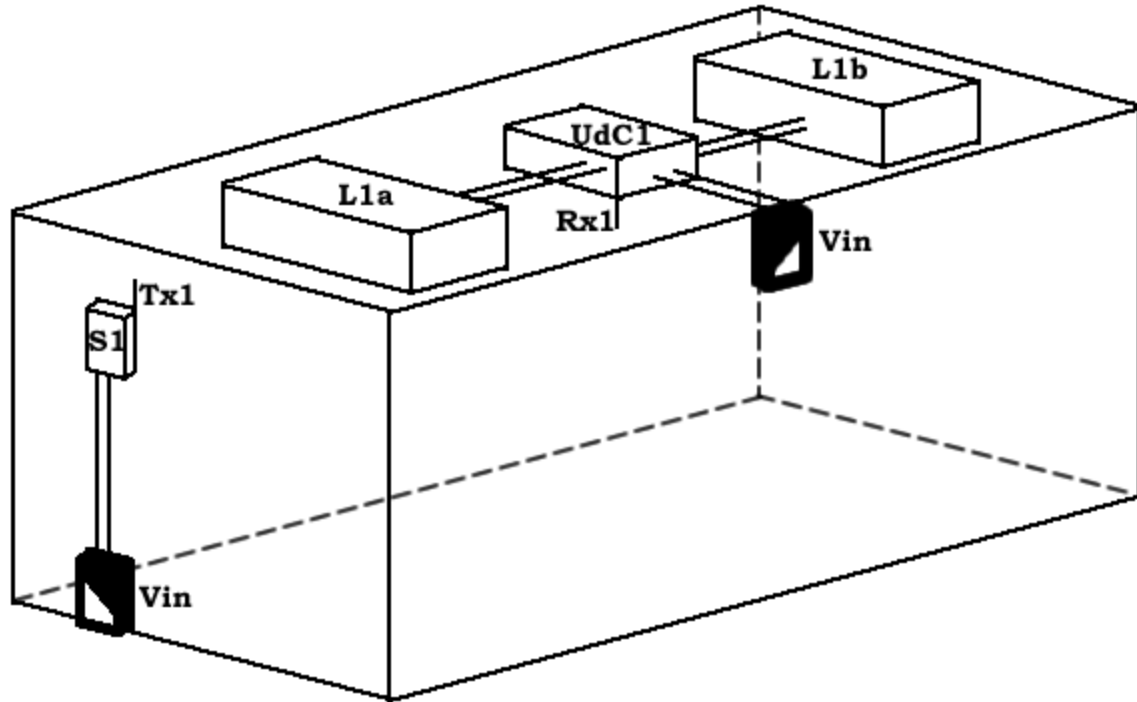


Figura 4.96

## 4.6. Interfaces

El sexto elemento del sistema son las interfaces, las cuales permiten tanto el funcionamiento autónomo del sistema, como el monitoreo y control remotos. Considerando el concepto de interfaz como la conexión funcional entre dos programas que permite el intercambio de información, se poseen dos interfaces en el sistema. La primera es el programa de administración y la segunda es la operación interna de la unidad de control; cuya comunicación, en ambos casos, es con la base de datos del sistema.

### 4.6.1. Administración

La conexión del programa de administración con la base de datos permite llevar a cabo cuatro acciones distintas: dos de consulta y dos de control. Las de consulta dan información acerca del estado de las luminarias y del sensor de determinada área; mientras que las de control realizan la activación o desactivación de las luminarias de la misma área. Los parámetros de búsqueda requeridos para realizar tales acciones, se ingresan a lo largo de las cinco pantallas que componen el programa.

La primera pantalla (bienvenida), es aquella donde el usuario con rol de administrador ingresara su nombre y contraseña para tener acceso a las funciones del programa. En caso de ser incorrectos los datos ingresados, el usuario es informado y se le invita a realizar nuevamente la autenticación; aunque los reintentos son ilimitados, se realiza un registro de los datos ingresados y la hora de actualización. En caso de ingresar los datos correctos se da paso a la siguiente pantalla.



Administrador del SCI TI UNAM

Usuario

Contraseña

Ingresar

Una imagen de un interruptor de luz.

Figura 4.97



Credenciales correctas.

Estableciendo conexión con servidor...

Conexión establecida.

Continuar

Figura 4.98

La segunda pantalla (confirmación), es aquella donde se indica al usuario que sus datos son correctos y se indica el inicio del proceso de conexión a la base de datos. Aquí la interacción con el usuario es meramente informativa.

La tercera pantalla (parámetros generales), es aquella donde se ingresan cuatro de los cinco parámetros de búsqueda requeridos por el programa. El diseño de esta pantalla consideró la implementación de apoyos visuales para el ingreso de la información, con el uso de botones se muestran miniaturas de las opciones en cada uno de los parámetros.



Piso Ala Área Sección

3 Sur de Trabajo Bloque B

Torre de Ingeniería

6 5 4 3 2 1

Aceptar

Figura 4.99

Los primeros tres parámetros (piso, ala, área) presentan siempre las mismas opciones, pero el cuarto parámetro (sección) es dependiente del tercer parámetro (área), teniendo dos listas de opciones diferentes (bloque o pasillo).

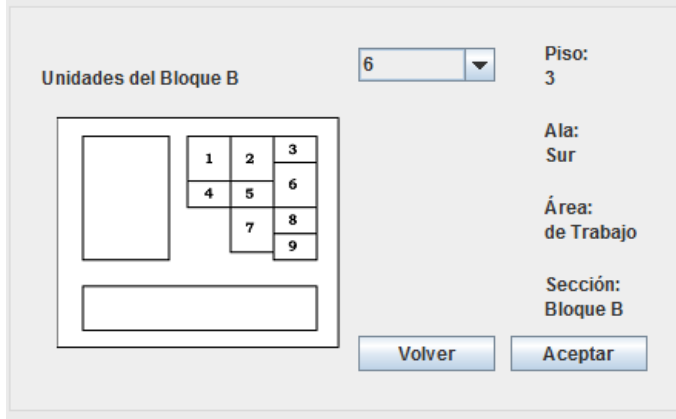


Figura 4.100

La cuarta pantalla (parámetros específicos), es aquella donde se ingresa el quinto parámetro (unidad), el cual corresponde al identificador dentro de un bloque o grupo de áreas. El apoyo visual en esta pantalla es personalizado de acuerdo a los cuatro primeros parámetros.

Adicionalmente se muestra como referencia, la información ingresada en la pantalla anterior.

La quinta pantalla (administración), es aquella donde se presentan las cuatro interacciones del usuario con la base de datos. Las interacciones de consulta permiten conocer el estado del grupo de luminarias y del sensor, asignados a la unidad. Las interacciones de control permiten el encendido o apagado del grupo de luminarias. Al realizar alguna de estas interacciones se obtiene una respuesta del programa y un tiempo de actualización.

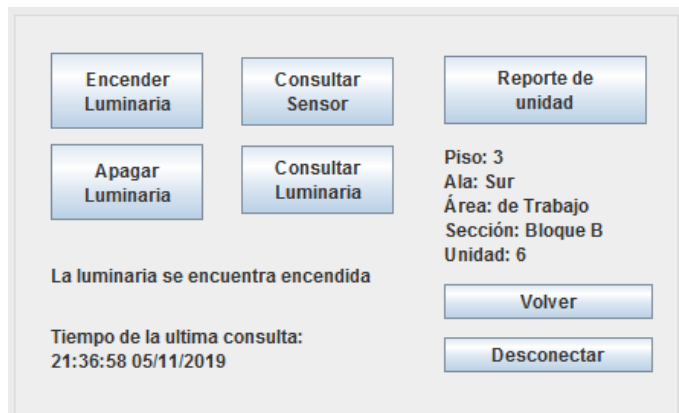


Figura 4.101

La cuarta y quinta pantalla cuentan con la opción de regresar a la anterior, para realizar una nueva búsqueda o corregir los parámetros ingresados. Adicionalmente la quinta pantalla cuenta con la opción de desconexión que cierra tanto la conexión con la base de datos, como el programa.

### 4.6.2. Unidad de control

La conexión de la unidad de control con la base de datos permite la autonomía de las unidades de control para la activación o desactivación de las luminarias asignadas. El ciclo de trabajo consta de tres etapas.

#### 1. Arranque del sistema

En esta etapa se realiza la calibración horaria y el reinicio de la memoria de las variables. La calibración consiste en la consulta de la hora local y su comparación con los parámetros de trabajo.

La función de la calibración es iniciar y mantener activo el sistema, cuando el horario corresponda con la jornada laboral, manteniéndolo en estado de reposo fuera de ese horario.

El reinicio de la memoria es parte del inicio del sistema y procura evitar los errores o comportamientos extraños.

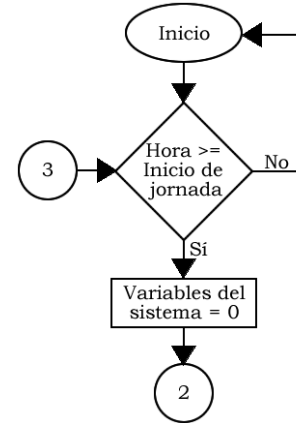


Figura 4.102

#### 2. Adquisición de datos

En esta etapa se realiza el ingreso de datos al sistema para la activación de las luminarias. Existen dos modos de ingreso al sistema: uno local y otro remoto.

De modo local, el sensor registra los eventos de detección que se presenten durante la jornada; mientras que el modo remoto, son las instrucciones provenientes del programa de administración. Siendo de mayor prioridad el modo remoto.

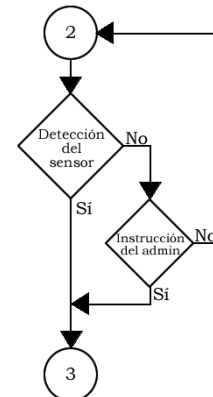


Figura 4.103

#### 3. Fin de ciclo

En esta etapa se realiza la activación o desactivación de las luminarias, dependiendo de los datos ingresados en cualquiera de los dos modos.

Posterior a esta acción se considera un tiempo de espera para iniciar un nuevo ciclo a partir de la adquisición de datos.

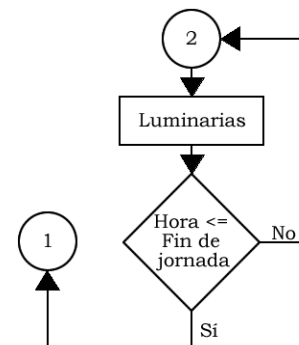


Figura 4.104

### 4.6.3. Base de datos

La base de datos permite el almacenamiento de información del historial de movimientos y acciones que se realizan, tanto en el programa de administración como en la unidad de control. Su implementación permite la consulta de los datos de manera remota y facilita la tarea de gestión, además de centralizar los datos y volverlos independientes de los programas que los originaron. La información registrada en la base de datos corresponde a dos categorías.

#### 1. Administrador

Los datos agrupados en esta categoría son todas las acciones de interacción que pueden darse con el programa de administración y se dividen en dos clases de tablas: las de acceso y las de movimientos.

#### Accesos

Esta clase de tabla contiene cuatro datos por registro.

- Hora y fecha, corresponden al tiempo en que se realiza el acceso a la herramienta de administración.
- Usuario y contraseña, son los datos ingresados en los cuadros de texto del programa de administración al momento de autenticarse.

Se realiza el registro de los accesos exitosos, así como de los intentos fallidos.

#	Nombre	Tipo
<input type="checkbox"/> 1	<b>Id</b> 	int(11)
<input type="checkbox"/> 2	<b>Hora</b>	time
<input type="checkbox"/> 3	<b>Fecha</b>	date
<input type="checkbox"/> 4	<b>Usuario</b>	text
<input type="checkbox"/> 5	<b>Contraseña</b>	text

Figura 4.105

#### Movimientos

Esta clase de tabla contiene seis datos por registro.

- Hora y fecha, corresponden al tiempo en que se realiza el acceso a la herramienta de administración.
- Usuario, es el identificador del usuario que realizó el movimiento.
- Clave, es el identificador de la unidad de control, a la cual se le realizó el movimiento.
- Dispositivo, es el identificador que diferencia entre sensores y luminarias.
- Movimiento, es el identificador del movimiento realizado que diferencia entre consulta e instrucción.

#	Nombre	Tipo
<input type="checkbox"/> 1	<b>Id</b> 	int(11)
<input type="checkbox"/> 2	<b>Hora</b>	time
<input type="checkbox"/> 3	<b>Fecha</b>	date
<input type="checkbox"/> 4	<b>Usuario</b>	text
<input type="checkbox"/> 5	<b>Clave</b>	int(11)
<input type="checkbox"/> 6	<b>Dispositivo</b>	int(11)
<input type="checkbox"/> 7	<b>Movimiento</b>	int(11)

Figura 4.106

## 2. Actividad

Los datos agrupados en esta categoría son los eventos o cambios en los sensores y las luminarias, registrados a través de la unidad de control; así como las instrucciones provenientes del programa de administración. En esta categoría se emplea solo una clase de tabla.

Esta clase de tabla contiene seis datos por registro.

- Hora y fecha, corresponden al tiempo en que se realiza el acceso a la herramienta de administración.
- Clave, es el identificador de la unidad de control a la cual corresponde el registro.
- Dispositivo, es el identificador que diferencia entre sensores y luminarias.
- Estado, es el identificador que diferencia si los sensores registran eventos o las luminarias fueron desactivadas o activadas.
- Origen, es el identificador que indica la procedencia del registro, diferenciando entre la unidad de control y el programa de administración.

#	Nombre	Tipo
<input type="checkbox"/> 1	<b>Id</b> 	int(11)
<input type="checkbox"/> 2	<b>Hora</b>	time
<input type="checkbox"/> 3	<b>Fecha</b>	date
<input type="checkbox"/> 4	<b>Clave</b>	int(11)
<input type="checkbox"/> 5	<b>Dispositivo</b>	int(11)
<input type="checkbox"/> 6	<b>Estado</b>	int(11)
<input type="checkbox"/> 7	<b>Origen</b>	int(11)

Figura 4.107



## Capítulo 5. Comparativa con el sistema actual

### 5.1. Tabla comparativa

La comparación entre la propuesta y el sistema actual tiene dos consideraciones:

1. La cobertura del sistema comprende del segundo al sexto elemento de la propuesta. Debido a que el primero corresponde al espacio de trabajo, el cual, es el mismo en ambos casos.
2. El costo de los dispositivos es descartado como factor de comparación. Se evalúa el desempeño y la aplicación de los mismos.

Característica	Criterio	Sistema actual	Propuesta
Luminarias en áreas de trabajo	• Tecnología	Fluorescentes	LED
	• Tipo de luminaria	2 tubos T8	1 módulo lineal
	• Potencia [W]	32 por tubo	42
	• Cantidad mínima	1	2
	• Cantidad máxima	6	3
	• Cantidad y nivel lumínico promedio en grupo 1	2 – 415 [lux]	2 – 670 [lux]
	• Cantidad y nivel lumínico promedio en grupo 5	6 – 683 [lux]	3 – 588 [lux]
	• Cantidad y nivel lumínico promedio en grupo 8	2 – 404 [lux]	2 – 642 [lux]
Luminarias en pasillos	• Tecnología	Fluorescentes	LED
	• Tipo de luminaria	2 tubos T8	1 módulo lineal
	• Potencia [W]	32 por tubo	16
	• Cantidad mínima	2	2
	• Cantidad máxima	6	4
	• Cantidad y nivel lumínico promedio en pasillo A	2 – 120 [lux]	4 – 109 [lux]
	• Cantidad y nivel lumínico promedio en pasillo F	3 – 172 [lux]	4 – 106 [lux]
	• Cantidad y nivel lumínico promedio en escaleras	4 – 623 [lux]	3 – 220 [lux]
Sensor detector en pasillos	• Tecnología	Infrarroja	Infrarroja
	• Cantidad total por ala	8	6
	• Cantidad por pasillo	2 - 3	1
Sensor de luz natural	• Tecnología	Fotosensible	Fotosensible
	• Cantidad total por ala	1	1
	• Cantidad de luminarias asignadas	10	9

Característica	Criterio	Sistema actual	Propuesta
<b>Control e instalación</b>	• Comunicación de sensores con la unidad de control	Cableado	Radiofrecuencia
	• Subsistemas de control	3	1
	• Áreas de trabajo por unidad de control	2	1
	• Comunicación de las unidades de control con interfaces	Ethernet	Wifi
	• Interfaces de control remoto por ala	2	0
	• Operación de las luminarias en pasillos	Automática	Automática
	• Operación de las luminarias en áreas de trabajo	Por horario o de manera manual	Automática
	• Operación de luminarias en zonas de riesgo	Automática	Automática
	• Operación de luminarias cuando el nivel de luz natural es bajo	Automática	Automática
<b>Interfaces</b>	• Programación de horarios	Sí	Sí
	• Operación de las luminarias	Sí	Sí
	• Consulta del estado de las luminarias	Si	Sí
	• Consulta del estado de los sensores	No	Sí
<b>Mantenimiento</b>	• Revisión de la operación de las luminarias	Manual	Remota
	• Revisión del nivel lumínico de las luminarias	Manual	Manual
	• Revisión de la operación de los sensores	Manual	Remota
	• Medición del consumo eléctrico	No	Remoto

# Observaciones y conclusiones

---

## Observaciones

- La descripción del espacio de trabajo, permitió conocer los requerimientos de iluminación por tipo de área, cuyo resultado fue la implementación de dos modelos de luminarias de diferente potencia; además de considerar factores como las actividades que se realizan en cada una y el flujo de personas.
- El uso de la tecnología LED como reemplazo a las luminarias fluorescentes fue por motivos de eficiencia, sustentabilidad, ahorro energético y nivel de iluminación. Así como, por cubrir de mejor manera los requerimientos de cada tipo de área con una menor cantidad de unidades.
- La distribución propuesta para las luminarias, pretende proporcionar un nivel lumínico uniforme y el correcto uso de sus características luminotécnicas; además de un diseño modular y visualmente menos saturado.
- Los sensores de presencia en los pasillos son sustituidos por otros con mayor vida útil y mejores características técnicas, de operación, de mantenimiento y de instalación.
- Los sensores de luz natural se conservan, pero su operación ahora corresponde al control de las luminarias de los pasillos interiores; principalmente por el cambio en la distribución de las luminarias.
- Los sensores de ocupación para las áreas de trabajo automatizan la operación de las luminarias, imitando la independencia de los pasillos en el sistema actual.
- Los sensores medidores de consumo y de nivel lumínico, pretenden apoyar a las tareas de mantenimiento e identificar puntos de mejora en el uso de la iluminación artificial.
- Las unidades de control son modulares con cobertura de una única área, ya sea de trabajo o un pasillo; permitiendo la adición futura de nuevas características, tales como el control de las tomas de corriente, la ventilación u otros sensores.
- La instalación planteada pretende simplificar el cableado y facilitar las tareas de mantenimiento, sin embargo, debe evaluarse y adecuarse a los lineamientos de la instalación eléctrica en la TI UNAM.
- El programa de administración es la base de una interfaz remota, que se apoya en una base de datos para el monitoreo y control de la operación de las luminarias.
- La propuesta de rediseño, pretende cumplir como anteproyecto de una modificación real del sistema actual; añadiendo nuevas características y mejorando la implementación de las ya presentes, además de actualizar la tecnología empleada.

### **Los puntos de mejora para esta propuesta son:**

- La conexión entre la base de datos de los sensores medidores de consumo y la de las unidades de control, debido a que los sensores cuentan con su propio software que genera una base independiente.
- La adición de más funciones al programa de administración, como el control y consulta por sección o piso, la generación de reportes periódicos a partir de la base de datos, alarmas o notificaciones de acceso y modificaciones por otros usuarios.
- La generación de un programa o protocolos para los ocupantes que permita añadir modificaciones limitadas a los horarios de las diferentes áreas y proporcione información acerca de sus áreas asignadas.
- El desarrollo de dispositivos propios, como luminarias que incluyan los sensores o la adición de otras características adicionales a la iluminación, tales como el uso de las tomas de corriente.

### **Conclusiones**

Esta propuesta cumple el objetivo general de mejorar el rendimiento del sistema actual, con la modificación a la distribución de las luminarias, su operación y la naturaleza de las mismas, ya que al cambiar de tecnología se reduce tanto el consumo como la cantidad de dispositivos. Y las nuevas características o sensores propuestos permiten tener mayor información del sistema de iluminación para un uso eficiente de él.

Los objetivos generales fueron cubiertos de la siguiente manera:

- El requerimiento principal fue un nivel lumínico adecuado, el cual se logró al balancear la relación entre la cantidad y la potencia de las luminarias de cada área, para proporcionar una iluminación cuyo nivel se encuentre entre los valores recomendados por las normativas.
- El análisis del sistema actual, permitió identificar áreas de oportunidad tales como la expansión de la autonomía lograda en los pasillos, a las áreas de trabajo. Además de la caracterización de los espacios al establecer la relación entre dimensiones y cantidad de luminarias.
- Las adiciones tales como los nuevos sensores o el uso de una base de datos, pretenden mejorar la operación al recolectar más datos y almacenarlos de forma adecuada para el monitoreo del sistema.
- El diseño de las unidades de control asociadas a un área y un grupo específico de luminarias, considera las posibles modificaciones tanto en la distribución de los espacios, como en la operación. Para que tareas como el mantenimiento de cada área no afecte la operación del resto.
- Con la implementación de sensores de ocupación en las áreas de trabajo, se logra una automatización de todas las luminarias. Siendo así, un sistema que puede operar por horarios y con una menor intervención de los ocupantes.
- Al contar con una base de datos, es posible tener un registro de la actividad del sistema y encontrar nuevos puntos de mejora, tales como desarrollar una operación fija por horarios o por aprendizaje que tenga memoria de la rutina o comportamiento de los ocupantes y adapte su operación a ello.

# Anexos técnicos

## Anexo A. Hoja de datos de la luminaria para las áreas de trabajo

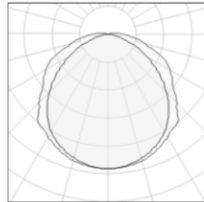
### Hoja de dato de productos

6002/4148-0100-152-1110-11-8500  
267074  
STAHL



Linear luminaire With LED GRP Explosion-protected Type: 6002/4148-0100-152-1110-11 -8500 Spare of type: 6002/2284-5400-5131-0  
6002/1284-5400-5131-0 Enclosure material: Polyester resin Translucent cover material: Polycarbonate Version: Standard Enclosure colour:  
Light grey (RAL 7035) Number of lamps: 1 Lamp wattage: 42 W Light distribution: 120°x120° with diffusing glass Luminous flux: 5.810 lm  
Luminaire efficacy: 138 lm/W Colour temperature: 5.000 K Dimensions (L x W x H): 1.310 x 184 x 125 mm AC rated operational voltage: 110,00  
- 240,00 V DC rated operational voltage: 110,00 - 250,00 V Application range (zones): 1, 2, 21, 22 Gas explosion protection: II 2 G Ex db eb ib  
mb op is IIC T4 Gb Dust explosion protection: II 2 D Ex tb op is IIIC T100 °C Db Min. ambient temperature: -40 °C Max. ambient temperature:  
+50 °C Impact strength (IK code): IK10 (IEC 62262) Diffuser: With diffuser Through wiring: With 5 conductors 2.5 mm<sup>2</sup> Ballast: 6045/211-120-  
10 Threaded plate: 2x plastic Drilled holes: 3 x M25 Accessories: Provided Screw connections: 2 x M25 Ø 7 – 17 mm Cable entry material:  
Polyamide, black Stopping plug: 2 x M25 x 1.5 Stopping plug material: Polyamide, black Languages of the documentation: German English For  
further information, see: r-stahl.com WebCode 6002D

#### Emisión de luz 1 (integrada)



Tipo de lámpara	LED	CCT	5000 K
Potencia nominal de lámpara	42 W	CRI	82
Flujo total	5810 lm	LOR	100 %
Eficiencia luminosa	138 lm/W	ULOR	2 %
		Potencia total	42 W

#### Tipo de Montaje

Montaje en techo, Pendular

#### Forma y medidas

Longitud: 1310 mm

Anchura: 168 mm

Altura ajustable: 129 mm

#### Ajustabilidad

Fijo

#### Diseño

Color de carcasa: Gris plateado

#### Eléctrico

Potencia: 42 W

Clases de aislamiento: I

#### Protección

IP: 66

IK: 10

Recurso completo disponible en:

- <https://lumsearch.com/es/article/to1LhlxyQOOBHW1owOCOYA>

## Anexo B. Hoja de datos de la luminaria para los pasillos

### Hoja de dato de productos

SL\_EVO LED FR SINGLE PMMA 3000K 16W L=874MM

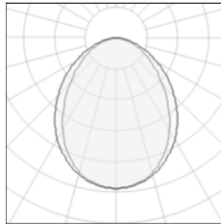
T90LL252DN

CASTALDI



**CONSTRUCTION** Housing consisting of powder-coated extruded aluminium unit. Aluminium end caps painted in the same colour as the housing with internal fixing and no exposed screws. **OPTICAL SYSTEM TXT-R** Optical system: Excellent screening of light sources and high degree of luminance control. Ensures luminance values below 1550 cd/m<sup>2</sup> thanks to the special technopolymer internal refractor which - combined with the textured microprism diffuser - reduces the luminance levels at the upper corners of the light emission. Colourless methacrylate TXT diffuser with outer surface micro-textured with micro-pyramids to reduce levels of luminance in the upper angles of emission. Satin finish PMMA diffuser for diffused light emission. **WIRING** Electrical harness wired for 220-240Vac 50-60Hz power supply. 2.5 mm<sup>2</sup> LTNXX terminal block. Electronic ballast. 5x1.5 mm<sup>2</sup> internal through Wiring. **SOURCES** LED CRI>80 MacAdam 2

#### Emisión de luz 1 (integrada)



Tipo de lámpara	LED	CCT	3000 K
Potencia nominal de lámpara	16 W	CRI	80
Flujo total	1591 lm	LOR	100 %
Eficiencia luminosa	99 lm/W	Potencia total	16 W

#### Tipo de Montaje

Montaje en techo

#### Forma y medidas

Longitud: 88 mm

Anchura: 874 mm

Altura ajustable: 1 mm

#### Ajustabilidad

Fijo

#### Eléctrico

Potencia: 16 W

Clases de aislamiento: I

#### Protección

IP: 20

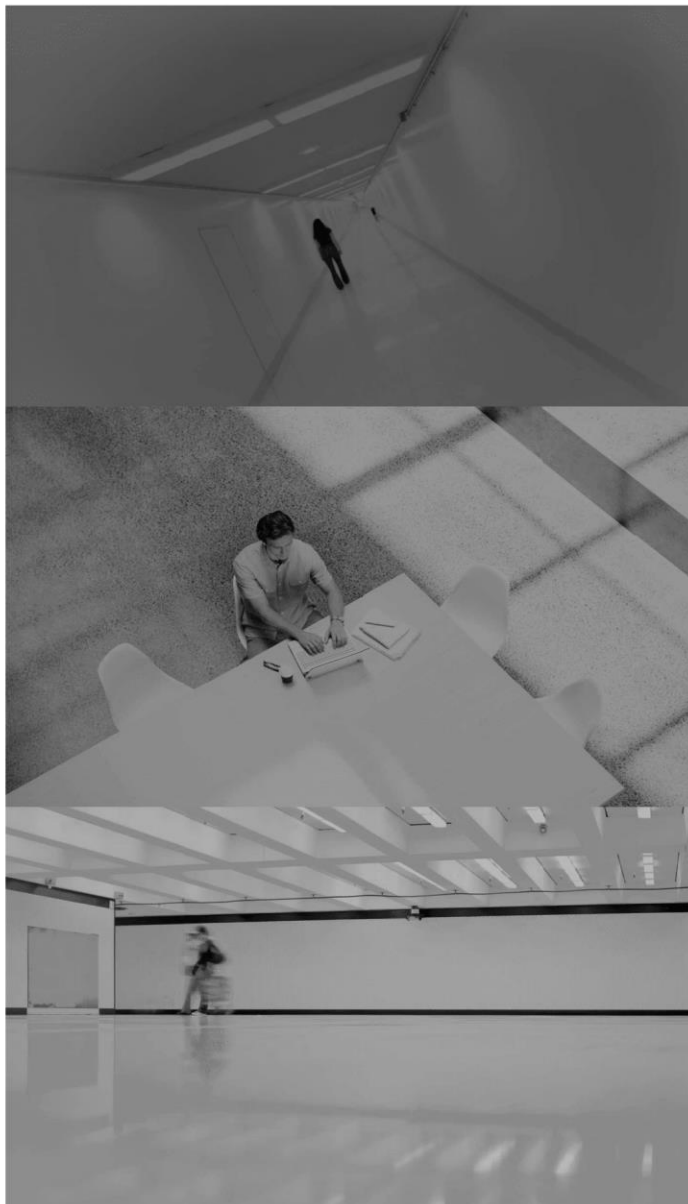
Recurso completo disponible en:

- <https://lumsearch.com/en/article/u019gQmGRFufz31csu5CLg>

## Anexo C. Catálogo de sensores detectores de movimiento marca Finder



### Detectores de movimiento y presencia 10 A



Recurso completo disponible en:

- <https://gfinder.findernet.com/public/attachments/18/ES/ADV18ES.pdf>

## Anexo D. Catálogo de fotoceldas marca Tork

TorkElectroSistemasTorkElectroSistemasTorkElectroSistemas **Fotocontroles TES**

### MONTAJE DE 1/2 VUELTA

SERIE 2000

NOM-227-ANCE

#### Aplicaciones

Para control de encendido y apagado automático de iluminación de calles y autopistas. Las luminarias se encienden automáticamente al anochecer y se apagan al amanecer. Diseñado especialmente para actuar con luz natural.

#### Especificaciones

**Nivel de operación:** Encendido de 1 a 3 fc (10 a 30 lx).

Apagado de aproximadamente 5 veces el nivel de encendido.

**Temperatura de operación:** -40° C a 60° C.

**Protección contra descargas (PCDA):** Con diseño de expulsión tipo abierto. El margen de protección es de 2,5 KV en el disparo y 5 000 A de capacidad de conducción.

**Fotocelda:** Sulfuro de cadmio, 1/2 pulgada de diámetro. Sellada epóxicamente para protección contra contaminantes y humedad y máxima estabilidad.

**Orientación de instalación:** Omnidireccional.

**Vida de los contactos:** 5 000 operaciones.

**Terminales de conexión:** De latón sólido para máxima resistencia a la corrosión y buena conducción eléctrica.

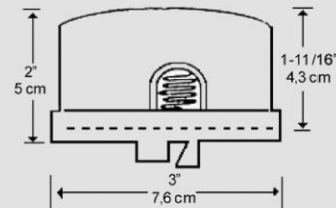
**Contactos:** Normalmente cerrados.

A petición del cliente se puede suministrar el varistor de óxido de metal (MOV) que cumple con los requerimientos ANSI-NEMA para protección de picos de tensión en los modelos 2021S y 2024S indicados en la tabla anexa. Para realizar el pedido escriba una M al final del modelo.



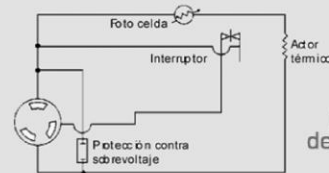
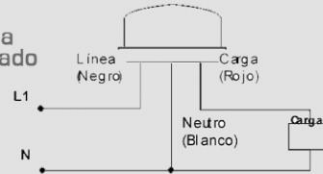
\*Disponible en empaque blister

#### Dimensiones



#### Diagrama de Cableado

##### Diagrama de cableado externo



##### Diagrama de cableado interno

#### Información de Pedido

Modelo No*	Voltaje 50/60 Hz	Capacidad Balastro (VA)	Protección PCDA
2021	127 V~	1 800	--
2021 S	127 V~	1 800	Incluida
2024	220 V~	1 800	--
2024 S	220 V~	1 800	Incluida

\* Adicionar sufijo C si se desea el producto en empaque blister.

(a) Rango de 105-130 V~

(b) Rango de 208-227 V~

#### Accesorios

Modelo	Descripción
2224	Receptáculo con cable calibre 14 AWG de 48cm de longitud.
2224-1	Receptáculo con cable calibre 14 AWG de 25 cm de longitud.
9900	Ménsula galvanizada con tornillo
5500	Shorting Cap.



2

TorkElectroSistemasTorkElectroSistemasTorkElectroSistemasTorkElectroSistemasTorkElectroSistemas

Recurso completo disponible en:

- <http://www.torkmexico.com.mx/files/1FF.pdf>



## Anexo E. Hoja de datos del sensor detector de movimiento marca Eaton

Technical Data

Effective March 1, 2018

# VNW-D – NeoSwitch Dual Tech/Dual Relay Wall Switch Vacancy Sensor (Ground Required)

Catalog#	Prepared by
Project	Date
Comments	Type

### Overview

The Dual Technology Dual Relay Vacancy Sensing Wall Switch is a motion sensing lighting control and conventional wall switch all-in-one that is used for energy savings and convenience. The unit contains two relays that allow the control of two separate loads. It does not require a neutral wire for installation making it ideal for retrofit applications.

### Features

- Air-gap switch ensures no leakage current to load
- Selectable built-in light level sensor
- Products tested to NEMA WD 7 - 2011 Occupancy Motion Sensors Standard
- Additional pushbutton with light/fan graphic included
- Requires Manual On for activation
- LED Rated



**EATON**  
Powering Business Worldwide

Recurso completo disponible en:

- [http://www.cooperindustries.com/content/dam/public/lighting/products/documents/lighting\\_controls/spec\\_sheets/TD503118EN\\_VNW-D-1001-DMV\\_Spec%20Sheet.pdf](http://www.cooperindustries.com/content/dam/public/lighting/products/documents/lighting_controls/spec_sheets/TD503118EN_VNW-D-1001-DMV_Spec%20Sheet.pdf)

## Anexo F. Hoja de datos del sensor detector de movimiento marca Philips



## Descripción del producto

### OccuSwitch DALI

Multisensor y controlador en un sólo equipo para el control de ocupación, luz natural y IR. Puede controlar hasta 15 luminarias DALI. Fácil de instalar, prácticamente no necesita servicio. Con sensores de extensión (LRM8118) e interfaces de pulsadores (LCU2070) opcionales. Hay disponibles cables Wieland independientes para una instalación fácil, rápida y sin complicaciones.

#### Beneficios

- Hasta un 55% de ahorro de energía y un buen coste total de propiedad
- Añade confort con control local
- Fácil de usar (se suministra listo para funcionar) pero también para adaptarse a aplicaciones o exigencias del usuario específicas

#### Características

- Control de ocupación y regulación de luz natural avanzados con regulación/control independientes de ventana y pasillo
- Pantalla retráctil que puede utilizarse para proteger zonas, como los pasillos, adyacentes a la zona controlada por OccuSwitch DALI
- Interfaz de pulsador para utilizar con pulsadores de cable estándar
- El indicador de energía muestra el uso de energía relativo
- La versión BMS interactúa con casi todos los sistemas de gestión de edificios a través de la interfaz DALI

#### Aplicaciones

- OccuSwitch DALI ha sido diseñado para usos en oficinas, escuelas (inc. iluminación de pizarras) y otras aplicaciones similares, incluido salas de juntas pequeñas, vestíbulos y pasillos
- Está optimizado para montaje empotrado en techo y para alturas de montaje de entre 2,5 y 4 metros
- La caja de superficie también permite el montaje en superficie, con cableado empotrado o bien con conductos montados en superficie

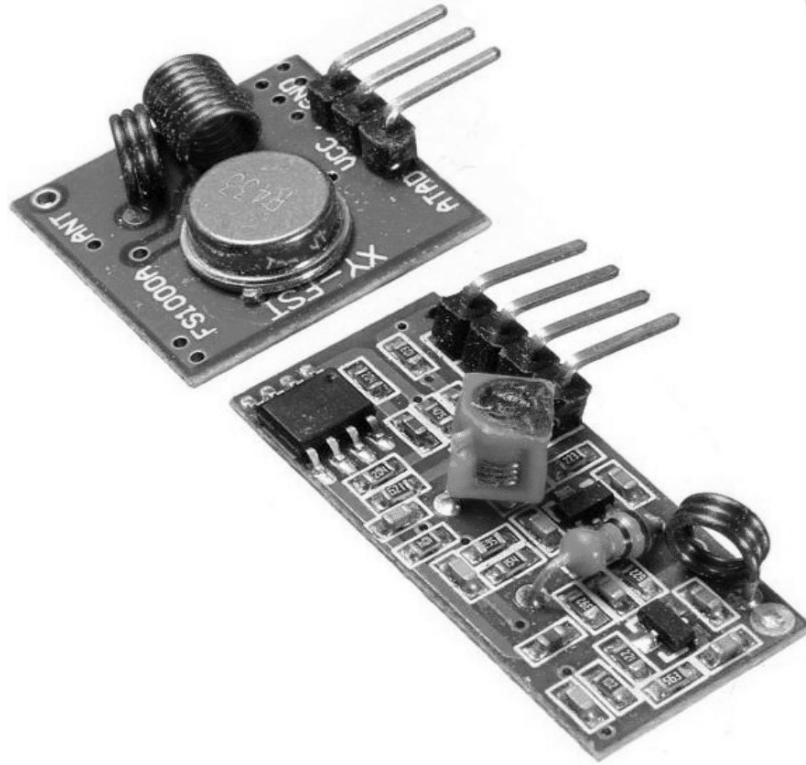
Product family leaflet, 2019, Enero 7

Datos sujetos a cambios

Recurso completo disponible en:

- <http://www.lighting.philips.es/prof/sistemas-de-control-de-alumbrado/control-independiente-de-alumbrado-interior/occuswitch-dali>

## Anexo G. Hoja de datos del transistor y receptor de radiofrecuencia a 433 MHz



### 433Mhz RF Transmitter With Receiver Kit For Arduino ARM MCU Wireless

#### Description:

This is 433Mhz RF transmitter with receiver kit for Arduino ARM MCU wireless

#### Application environment:

Remote control switch, receiver module, motorcycles, automobile anti-theft products, home security products, electric doors, shutter doors, windows, remote control socket, remote control LED, remote audio remote control electric doors, garage door remote control, remote control retractable doors, remote volume gate, pan doors, remote control door opener, door closing device control system, remote control curtains, alarm host, alarm, remote control motorcycle remote control electric cars, remote control MP3.

#### Specification:

##### Receiver module:

Product Model: XD-RF-5V  
Operating voltage: DC5V  
Quiescent Current: 4MA  
Receiving frequency: 433.92MHZ  
Receiver sensitivity: -105DB  
Size:30x14x7mm

##### Transmitter:

Product Model: XD-FST  
Launch distance :20-200 meters (different voltage, different results)  
Operating voltage :3.5-12V  
Dimensions: 19 \* 19mm  
Operating mode: AM  
Transfer rate: 4KB / S  
Transmitting power: 10mW  
Transmitting frequency: 433M  
Pinout from left → right: (DATA; VCC; GND)

See for how to: <http://electronics-diy.com/arduino-rf-link-using-433mhz-transmitter-receiver-modules.php>

Recurso completo disponible en:

- [http://www.mantech.co.za/Datasheets/Products/433Mhz\\_RF-TX&RX.pdf](http://www.mantech.co.za/Datasheets/Products/433Mhz_RF-TX&RX.pdf)

## Anexo H. Hoja de datos del codificador HT12E



### HT12A/HT12E 2<sup>12</sup> Series of Encoders

#### Features

- Operating voltage
  - 2.4V~5V for the HT12A
  - 2.4V~12V for the HT12E
- Low power and high noise immunity CMOS technology
- Low standby current: 0.1 $\mu$ A (typ.) at V<sub>DD</sub>=5V
- HT12A with a 38kHz carrier for infrared transmission medium
- Minimum transmission word
  - Four words for the HT12E
  - One word for the HT12A
- Built-in oscillator needs only 5% resistor
- Data code has positive polarity
- Minimal external components
- Pair with Holtek's 2<sup>12</sup> series of decoders
- 18-pin DIP, 20-pin SOP package

#### Applications

- Burglar alarm system
- Smoke and fire alarm system
- Garage door controllers
- Car door controllers
- Car alarm system
- Security system
- Cordless telephones
- Other remote control systems

#### General Description

The 2<sup>12</sup> encoders are a series of CMOS LSIs for remote control system applications. They are capable of encoding information which consists of N address bits and 12-N data bits. Each address/data input can be set to one of the two logic states. The programmed addresses/data are transmitted together with the header

bits via an RF or an infrared transmission medium upon receipt of a trigger signal. The capability to select a  $\overline{TE}$  trigger on the HT12E or a DATA trigger on the HT12A further enhances the application flexibility of the 2<sup>12</sup> series of encoders. The HT12A additionally provides a 38kHz carrier for infrared systems.

#### Selection Table

Function Part No.	Address No.	Address/Data No.	Data No.	Oscillator	Trigger	Carrier Output	Negative Polarity	Package
HT12A	8	0	4	455kHz resonator	D8-D11	38kHz	No	18DIP, 20SOP
HT12E	8	4	0	RC oscillator	$\overline{TE}$	No	No	18DIP, 20SOP

Note: Address/Data represents pins that can be either address or data according to the application requirement.

Recurso completo disponible en:

- <http://www.farnell.com/datasheets/57850.pdf>

# Anexo I. Hoja de datos del codificador HT12D



## HT12D/HT12F 2<sup>12</sup> Series of Decoders

### Features

- Operating voltage: 2.4V~12V
- Low power and high noise immunity CMOS technology
- Low standby current
- Capable of decoding 12 bits of information
- Binary address setting
- Received codes are checked 3 times
- Address/Data number combination
  - HT12D: 8 address bits and 4 data bits
  - HT12F: 12 address bits only
- Built-in oscillator needs only 5% resistor
- Valid transmission indicator
- Easy interface with an RF or an infrared transmission medium
- Minimal external components
- Pair with Holtek's 2<sup>12</sup> series of encoders
- 18-pin DIP, 20-pin SOP package

### Applications

- Burglar alarm system
- Smoke and fire alarm system
- Garage door controllers
- Car door controllers
- Car alarm system
- Security system
- Cordless telephones
- Other remote control systems

### General Description

The 2<sup>12</sup> decoders are a series of CMOS LSIs for remote control system applications. They are paired with Holtek's 2<sup>12</sup> series of encoders (refer to the encoder/decoder cross reference table). For proper operation, a pair of encoder/decoder with the same number of addresses and data format should be chosen.

The decoders receive serial addresses and data from a programmed 2<sup>12</sup> series of encoders that are transmitted by a carrier using an RF or an IR transmission medium. They compare the serial input data three times continu-

ously with their local addresses. If no error or unmatched codes are found, the input data codes are decoded and then transferred to the output pins. The VT pin also goes high to indicate a valid transmission.

The 2<sup>12</sup> series of decoders are capable of decoding informations that consist of N bits of address and 12-N bits of data. Of this series, the HT12D is arranged to provide 8 address bits and 4 data bits, and HT12F is used to decode 12 bits of address information.

### Selection Table

Part No.	Function	Address No.	Data		VT	Oscillator	Trigger	Package
			No.	Type				
HT12D		8	4	L	√	RC oscillator	DIN active "HI"	18DIP, 20SOP
HT12F		12	0	—	√	RC oscillator	DIN active "HI"	18DIP, 20SOP

Notes: Data type: L stands for latch type data output.

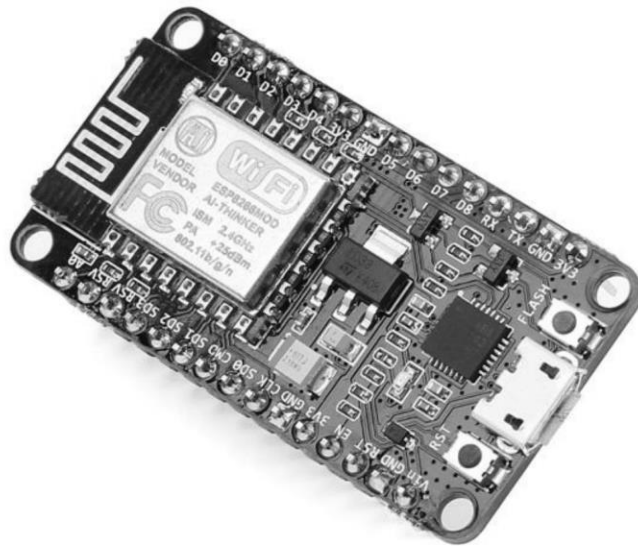
VT can be used as a momentary data output.

Recurso completo disponible en:

- <https://www.farnell.com/datasheets/1899539.pdf>

## Anexo J. Hoja de datos de la tarjeta de desarrollo NodeMCU V2

### NodeMCU v2



The NodeMcu is an open-source firmware and development kit that helps you to Prototype your IOT product within a few Lua script lines.

#### Features:

- Open-source
- Interactive
- Programmable
- Low cost
- Simple
- Smart
- WI-FI enabled

#### Arduino-like hardware IO

Advanced API for hardware IO, which can dramatically reduce the redundant work for configuring and manipulating hardware. Code like arduino, but interactively in Lua script.

#### Nodejs style network API

Event-driven API for network applicaitons, which facilitates developers writing code running on a 5mm\*5mm sized MCU in Nodejs style. Greatly speed up your IOT application developing process.

Recurso completo disponible en:

- <https://static.chipdip.ru/lib/414/DOC001414363.pdf>

## Wibeee Max

### Analizador de consumos



#### Descripción

**Wibeee Max** y **Wibeee Max Plus** son analizadores de consumo para la monitorización y adquisición de datos eléctricos con el objetivo de facilitar la toma de decisiones a la hora de comprender el uso de la energía eléctrica. Una vez conectados, los equipos convierten los diferentes parámetros medidos en información que se envía mediante una conexión inalámbrica Wi-Fi. Los equipos pueden instalarse tanto en mural como directamente en cuadros eléctricos mediante su soporte magnético / carril DIN.

Los equipos disponen de una memoria de respaldo de 30 días para asegurar los datos, en caso de pérdida de comunicación con el servidor. En el momento que se reestablece la conexión con el servidor, el dispositivo comienza, de forma progresiva, el volcado de los datos almacenados.

Wibeee Max dispone de unas pequeñas pinzas flexibles con dos escalas de corriente configurables: 350 A o 700A. Wibeee Max Plus dispone de pinzas flexibles multi-escala para corrientes de 100 A, 1000 A ó 5000 A.

#### Aplicaciones

Los equipos se pueden conectar en cualquier punto de la instalación, ayudando a detectar los puntos conflictivos en los que la energía no se utilice de forma eficiente y, de esa forma, contribuir directamente a reducir el consumo mediante la activación remota de alarmas cuando se superen los límites deseados. Por su facilidad de uso e instalación es ideal para controlar consumos en cualquier ámbito industrial.

Todos los equipos de la serie Wibeee pueden ser gestionados a través de la APP gratuita "Wibeee Circutor". Desde esta aplicación es posible monitorizar las diferentes variables eléctricas junto con el coste de la energía, se realizan comparativas de consumo y se gestiona diferentes alarmas de forma remota. Todos los datos también son accesibles desde internet, mediante cualquier ordenador, simplemente accediendo la plataforma "MY WIBEED" utilizando cualquier navegador web.

Accede remotamente a tus consumos y otras variables eléctricas:

- Energía Activa
- Energía Reactiva
- Potencia Activa
- Potencia Reactiva
- Potencia Aparente
- Factor de Potencia
- Coste (Euros y otra moneda)
- Emisiones de CO<sub>2</sub>
- Tensión
- Corriente
- Frecuencia

#### Características técnicas

<b>Alimentación</b>	Rango tensión	95...400 Vc.a.
	Frecuencia	50-60 Hz
	Consumo	30 mA
<b>Circuito de medida</b>	Tipo conexión	Monofásico
	Tensión nominal	95...440 V <sub>eff</sub>
	Corriente nominal	350 A - 700 A (Wibeee Max) 100A - 1000 A - 5000A (Wibeee Max Plus)
<b>Clase de precisión</b>	Tensión	1%
	Corriente	1%

Recurso completo disponible en:

- [http://circutor.es/docs/FT\\_WibeeeMAX\\_ES.pdf](http://circutor.es/docs/FT_WibeeeMAX_ES.pdf)

## Anexo L. Catálogo de luxómetros

**EXTECH**  
INSTRUMENTS  
A FLIR COMPANY

LUXÓMETROS

### Confiable, Fácil de Operar y Preciso

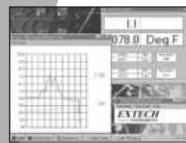
"Utilizo mi Luxómetro de Uso Rudo Modelo 407026 de Extech con interfaz a PC para medir pies-candela en trabajos certificados LEED. El modelo de Extech ofrece gran durabilidad y vida útil de la batería. Compárelo, y Extech terminará en las primeras posiciones."

Gregg S., Nueva York



#### ACCESORIOS

407001	Software de Adquisición de Datos
407001-USB	Adaptador USB
380340	Registrador de Datos (almacena 8000 lecturas)
156119	Adaptador de CA de 117V
156221	Adaptador de CA de 220V
153117	Adaptador de CA de 117V
UA100-240	Adaptador de CA de 100-240V con 3 enchufes (US, EU, UK)



#### Software de Adquisición de Datos 407001

- Permite a los usuarios de captar, visualizar y almacenar lecturas en una computadora
- Tiempo de muestreo: 1 seg - 60 min
- Importa datos en Lotus ó Excel
- Incluye software compatible con Windows® y cable serial
- Adaptador USB opcional – 407001-USB



### 401027 Luxómetro de Bolsillo de Pies-Candela

Mide hasta 2,000Fc para aplicaciones de iluminación básicas

- Luxómetro fácil de operar con 2 rangos
- Diseño práctico de bolsillo
- Indicación de carga máxima
- Incluye batería 9V, foto sensor con funda de protección, cable de 47" (1.2m), y soporte incorporado



### 401025 Luxómetro de Pies-Candela/Lux

Incluye salida analógica y función de respuesta rápida/lenta

- Muestra con precisión los niveles de luz en términos de Fc ó Lux en tres rangos
- Seleccione tiempo de respuesta rápido (1 segundo) ó lento (2 segundos)
- Salida analógica de 1 mV por conteo para captar las lecturas en un registrador
- Incluye batería 9V, foto sensor con funda de protección y cable de 47" (1.2m), y soporte incorporado

ESPECIFICACIONES	401027 N	401025 N
Rango Fc	200, 2000Fc	200, 2000, 5000Fc
Rango Lux	—	2000, 20000, 50000Lux
Resolución Máx.	0.1Fc	0.1Fc/1Lux
Precisión Básica	±5% FS	±5% FS
Temperatura (Tipo J/K)	—	—
Coseno y Corrección de Color	Sí	Sí
Salida Analógica	—	Sí
Interfaz a PC	—	—
Registro	—	—
CE	Sí	Sí
Dimensiones / Peso	5.2x2.8x1" (131x70x25mm)/ 6.9oz (195g)	6.4x2.8x1.2" (163x70x30mm)/ 8.3oz (220g)
Garantía	1 año	1 año

CALIBRATION TRACEABLE TO **NIST**

106

El logotipo N indica los productos que están disponibles con certificación NIST opcional. Consulte la página 144 para obtener una lista completa

Recurso completo disponible en:

- <http://dominion.com.mx/cat/extech/extech-catalogo-general.pdf>



# Bibliografía

---

## Libros

- Vázquez V. (2015). *Informe del control del sistema de iluminación de los pisos 3 al 6 de la Torre de Ingeniería UNAM*. Instituto de Ingeniería. México: Ciudad de México.
- Vázquez V. (2018). *Presentación del sistema de control inalámbrico para la iluminación de la Torre de Ingeniería UNAM*. Instituto de Ingeniería. México: Ciudad de México.
- Romero C., Vazquez F. y de Castro C. (2007). *Domótica e inmótica. Viviendas y edificios inteligentes*. Alfaomega Grupo Editor. México: Ciudad de México.
- Oropeza J. (2007). *Instalaciones eléctricas residenciales*. Schneider Electric. México: Ciudad de México.
- Grupo Condomex. (2005). *Manual técnico de instalaciones eléctricas en baja tensión*. Servicios Condomex S.A. de C.V. México: Ciudad de México.

## Recursos teóricos en línea

- Huelsz G. y Sierra J. *Hacia edificaciones más sustentables*. [Artículo en línea]. Revista Digital Universitaria Vol. 14, No.9. Ciudad de México, Mexico.  
Recuperado en: <http://www.revista.unam.mx/vol.14/num9/art29/>
- Fernandez I (2018). *5 tendencias en arquitectura sostenible para 2018*. [Artículo en línea]. Portal Arquitectura Sostenible. España.  
Recuperado en: <https://arquitectura-sostenible.es/5-tendencias-arquitectura-sostenible-2018/>
- AIA (2018). *2018 COTE Top Ten*. [Artículo en línea]. Portal del AIA. New York, EE. UU.  
Recuperado en: <https://www.aia.org/resources/186291-2018-cote-top-ten>
- Centro Urbano (2018). *La construcción sustentable en México*. [Artículo en línea]. Portal Centro Urbano. Ciudad de México, México.  
Recuperado en: <https://centrourbano.com/2018/06/29/construccion-sustentable-mexico/>
- Sanchez S. (2018). *Torre KOI: Así se construyó el rascacielos más alto de México*. [Artículo en línea]. Revista web Obras. México.  
Recuperado en: <https://obrasweb.mx/construccion/2018/04/27/torre-koi-asi-se-construyo-el-rascacielos-mas-alto-de-mexico>
- Arquinetwerk (2013). *Corporativo Siemens - Serrano Monjaraz Arquitectos*. [Artículo en línea]. Portal Arquitour. México.  
Recuperado en: <http://www.arquitour.com/corporativo-siemens-serrano-monjaraz-arquitectos/2013/03/>

- ArchDaily (2016). *Torre Reforma / LBR + A*. [Artículo en línea]. Portal ArchDaily. México  
Recuperado en: <https://www.archdaily.mx/mx/792716/torre-reforma-lbr-plus-a>
- Raitelli M. *Diseño de la iluminación de interiores*. [Documento en línea].  
Recuperado en: <http://www.edutecne.utn.edu.ar/eli-iluminacion/cap08.pdf>
- Guasch J. *Capítulo 46 - Iluminación*. [Documento en línea]. Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo.  
Recuperado en: <https://www.insst.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/EnciclopediaOIT/tomo2/46.pdf>
- CEDOM. *Qué es Domótica*. [Artículo en línea]. Portal de la Asociación Española de Domótica e Inmótica. España.  
Recuperado en: <http://www.cedom.es/sobre-domotica/que-es-domotica>
- CEDOM. *Qué es Inmótica*. [Artículo en línea]. Portal de la Asociación Española de Domótica e Inmótica. España.  
Recuperado en: <http://www.cedom.es/sobre-domotica/que-es-inmotica>
- Cendon B. (2017). *El Origen Del IoT*. [Artículo en línea]. Portal Pensamientos y tecnología.  
Recuperado en: <http://www.bcendon.com/el-origen-del-iot/>
- Salazar J. y Silvestre S. *Internet de las cosas*. [Documento en línea]. Techpedia.  
Recuperado en: [https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/100921/LM08\\_R\\_ES.pdf](https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/100921/LM08_R_ES.pdf)
- Vega R. (2015). *6 características clave del internet de las cosas*. [Artículo en línea]. Portal personal.  
Recuperado en: <https://ricveal.com/blog/6-caracteristicas-clave-del-internet-de-las-cosas/>
- Evans D. (2011). *Internet de las cosas. Cómo la próxima evolución de Internet lo cambia todo*. [Documento en línea]. CISCO – Informe técnico.  
Recuperado en: [https://www.cisco.com/c/dam/global/es\\_mx/solutions/executive/assets/pdf/internet-of-things-iot-ibsg.pdf](https://www.cisco.com/c/dam/global/es_mx/solutions/executive/assets/pdf/internet-of-things-iot-ibsg.pdf)
- BEA México. (2018). *Catalogo LEED*. [Documento en línea]. Folleto informativo sobre Certificación LEED. Ciudad de México, México.  
Recuperado en: <https://bioconstruccion.com.mx/Catalogo-LEED.pdf>
- WELL (2019). *Well Certified Presentation*. [Documento en línea]. Presentación informativa sobre Certificación WELL. New York, EE. UU.  
Recuperado en: <https://www.wellcertified.com/>
- Yañez K. (2018). *Cómo citar en una tesis de grado y escribir sus referencias siguiendo las normas APA*. [Artículo en línea]. Portal Nerd Universitaria. Venezuela.  
Recuperado en: <https://nerduniversitaria.com/2018/05/28/como-citar-en-una-tesis-de-grado-y-a-escribir-sus-referencias-de-siguiendo-las-normas-apa/>

## Normas

- *Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2012, Instalaciones Eléctricas (Utilización)*, Diario Oficial de la Federación, fecha 29 de noviembre de 2012.
- *Norma Mexicana NMX-AA-164-SCFI-2013, Edificación Sustentable - Criterios Y Requerimientos Ambientales Mínimos*, Diario Oficial de la Federación, fecha 4 de septiembre de 2013.
- *Norma Oficial Mexicana NOM-025-STPS-2008, Condiciones de iluminación en los centros de trabajo*, Diario Oficial de la Federación, fecha 30 de diciembre de 2008.

## Recursos técnicos en línea

- LUMsearch (2018). *Hoja de datos de LT1*. [Documento en línea]. Biblioteca de productos de LUMsearch. Luedenscheid, Alemania.  
Recuperado en: <https://lumsearch.com/es/article/AxIFV6rfR5qPmG0YJaIc8Q>
- LUMsearch (2018). *Hoja de datos de LT2*. [Documento en línea]. Biblioteca de productos de LUMsearch. Luedenscheid, Alemania.  
Recuperado en: <https://lumsearch.com/es/article/wiRyY6yQSjmEjXbLG0o1uQ>
- Regent Lighting (2018). *Hoja de datos de LT3* [Documento en línea]. Catálogo de productos Regent Lighting. Basel, Suiza.  
Recuperado en: <https://www.regent.ch/en/products/product-finder/line/damp-proof-diffuser-luminaire-splash-clear-led/>
- LUMsearch (2018). *Hoja de datos de LT4*. [Documento en línea]. Biblioteca de productos de LUMsearch. Luedenscheid, Alemania.  
Recuperado en: <https://lumsearch.com/es/article/to1LhlxyQOOBHW1owOCOYA>
- LUMsearch (2018). *Hoja de datos de LP1*. [Documento en línea]. Biblioteca de productos de LUMsearch. Luedenscheid, Alemania.  
Recuperado en: <https://lumsearch.com/es/article/to1LhlxyQOOBHW1owOCOYA>
- LUMsearch (2018). *Hoja de datos de LP2*. [Documento en línea]. Biblioteca de productos de LUMsearch. Luedenscheid, Alemania.  
Recuperado en: [https://lumsearch.com/es/article/E4Hx2\\_yOTXWNU3gmNPH4Cg](https://lumsearch.com/es/article/E4Hx2_yOTXWNU3gmNPH4Cg)
- LUMsearch (2018). *Hoja de datos de LP3*. [Documento en línea]. Biblioteca de productos de LUMsearch. Luedenscheid, Alemania.  
Recuperado en: [https://lumsearch.com/en/article/8NFGskdqSoqW86dnB\\_oY\\_w](https://lumsearch.com/en/article/8NFGskdqSoqW86dnB_oY_w)
- LUMsearch (2018). *Hoja de datos de LP4*. [Documento en línea]. Biblioteca de productos de LUMsearch. Luedenscheid, Alemania.  
Recuperado en: <https://lumsearch.com/en/article/u019gQmGRFufz31csu5CLg>

- IPSA (2015). *Especificaciones de SP actual*. [Documento en línea]. Catálogo IPSA 2015. Jalisco, México.  
Recuperado en: <http://ipsanet.com/catalogo.pdf>
- Finder (2018). *Especificaciones de SP1*. [Documento en línea]. Catálogo Finder Serie 18. Italia.  
Recuperado en: <https://gfinder.findernet.com/public/attachments/18/ES/ADV18ES.pdf>
- Legrand (2018). *Especificaciones de SP2*. [Documento en línea]. Catálogo Técnico de Detectores de movimiento. Madrid, España.  
Recuperado en: <http://www.legrand.es/documentos/Catalogo-Tecnico-Detectores-de-Movimiento-CP-Legrand.pdf>
- Smartwares. *Especificaciones de SP3*. [Documento en línea]. Hoja de especificaciones Serie ES34. Países Bajos.  
Recuperado en: [https://produktinfo.conrad.com/datenblaetter/1300000-1399999/001384352-an-01-en-BEWEGUNGSMELDER\\_ES34\\_WEISS.pdf](https://produktinfo.conrad.com/datenblaetter/1300000-1399999/001384352-an-01-en-BEWEGUNGSMELDER_ES34_WEISS.pdf)
- Amazon (2017). *Producto en línea SP4*. [Artículo en línea]. Portal de ventas en línea.  
Recuperado en: <https://www.amazon.es/Detector-movimiento-empotrable-programable-infrarrojos/dp/B0789CF71M>
- Tork. *Especificaciones de SN actual*. [Documento en línea]. Catálogo de Fotocontroles. Ciudad de México, México.  
Recuperado en: <http://www.torkmexico.com.mx/files/1FF.pdf>
- Tork *Especificaciones de SN1*. [Documento en línea]. Catálogo de Focontroles. Ciudad de México, Mexico.  
Recuperado en: <http://www.torkmexico.com.mx/files/1FF.pdf>
- Illux *Especificaciones de SN2*. [Documento en línea]. Hoja de especificaciones de FC-2104.S. Estado de México, México.  
Recuperado en: <https://www.illux.com.mx/wp-content/uploads/2017/03/FC-2104.S.pdf>
- Amazon (2013). *Especificaciones de SN3*. [Artículo en línea]. Portal de ventas en línea.  
Recuperado en: <https://www.amazon.es/Electraline-58060-Interruptor-crepuscular-exterior/dp/B00EAQRC56>
- SGI Sistemas (2018). *Especificaciones de SN4*. [Documento en línea]. Hoja de especificaciones de BRC1. Barcelona, España.  
Recuperado en: <http://www.sgisistemas.com/pdf/brc1.pdf>
- EATON (2018). *Especificaciones de ST1*. [Documento en línea]. Hoja de especificaciones de VNW\_D. Dublin, Irlanda.  
Recuperado en: [http://www.cooperindustries.com/content/dam/public/lighting/products/documents/lighting\\_controls/spec\\_sheets/TD503118EN\\_VNW-D-1001-DMV\\_Spec%20Sheet.pdf](http://www.cooperindustries.com/content/dam/public/lighting/products/documents/lighting_controls/spec_sheets/TD503118EN_VNW-D-1001-DMV_Spec%20Sheet.pdf)

- Philips (2018). *Especificaciones de ST2*. [Artículo en línea]. Catálogo OccuSwitch. Países Bajos. Recuperado en: <http://www.lighting.philips.es/prof/sistemas-de-control-de-alumbrado/control-independiente-de-alumbrado-interior/occuswitch-dali>
- CP Electronics (2018). *Especificaciones de ST3*. [Documento en línea]. Hoja de especificaciones de EBMPIR. Londres, Inglaterra. Recuperado en: [https://www.cpelectronicscorporate.com/uploads/products/pdfs/EBMPIR-MB-PRM-110\\_datasheet.pdf](https://www.cpelectronicscorporate.com/uploads/products/pdfs/EBMPIR-MB-PRM-110_datasheet.pdf)
- Circutor (2018). *Especificaciones de SC1*. [Documento en línea]. Hoja de especificaciones de Wibeec Max. Barcelona, España. Recuperado en: [http://circutor.es/docs/FT\\_WibeecMAX\\_ES.pdf](http://circutor.es/docs/FT_WibeecMAX_ES.pdf)
- Lumidim (2018). *Especificaciones de SC2*. [Artículo en línea]. Especificaciones de Sistema de Monitoreo de energía. Monterrey, México. Recuperado en: <http://lumidim.com/es/monitoreo-de-consumo-de-energia/>
- Circutor (2018) *Especificaciones de SC3*. [Documento en línea]. Especificaciones de contador monofásico. Barcelona, España. Recuperado en: [http://circutor.com/docs/FT\\_CEM-C10\\_SP.pdf](http://circutor.com/docs/FT_CEM-C10_SP.pdf)
- Amazon (2015). *Producto en línea SL1*. [Artículo en línea]. Portal de ventas en línea. Recuperado en: <https://www.amazon.com.mx/SODIAL-Luxometro-Medidor-Luminometro-Fotometro/dp/B00K67YFL2>
- Globalchip. *Especificaciones de SL2*. [Documento en línea]. Hoja de especificaciones de GLS-L420-IN4. Madrid, España. Recuperado en: [http://www.domaut.com/download/SENSORES/Sonda\\_LUMINOSIDAD\\_GL\\_S\\_L420-IN4\\_100315.pdf](http://www.domaut.com/download/SENSORES/Sonda_LUMINOSIDAD_GL_S_L420-IN4_100315.pdf)
- GCE Electronics. *Especificaciones de SL3*. [Artículo en línea]. Especificaciones de IPX800V4. Recuperado en: [https://zwave.es/index.php?\\_route\\_=GCE-X-THL-EXT](https://zwave.es/index.php?_route_=GCE-X-THL-EXT)

# Guía de figuras

---

- 1.1 Subsistema de control de luminarias en pasillos
- 1.2 Subsistema de control de luminarias por seguridad
- 1.3 Subsistema de control en luminarias áreas de trabajo
- 1.4 Evolución de la arquitectura
- 2.1 Edificios del COTE Top Ten Award 2018 (Parte 1)
- 2.2 Edificios del COTE Top Ten Award 2018 (Parte 2)
- 2.3 Tipos de iluminación
- 2.4 Tipos de luminarias
- 2.5 Logotipo X-10
- 2.6 John Romkey en Interop 1990
- 2.7 Tipos de certificación LEED
- 2.8 Certificación WELL
- 2.9 Relacion entre las certificaciones LEED y WELL
- 3.1 Diagrama de bloques de la comunicación
- 3.2 Diagrama de flujo de la unidad de control
- 4.1 Distribución del espacio
- 4.2 Clasificación de las áreas de trabajo por bloques
- 4.3 Clasificación de las áreas de trabajo por dimensiones
- 4.4 Clasificaciones de las áreas de pasillo
- 4.5 Escaleras
- 4.6 Luminaria actual
- 4.7 Distribución actual de las luminarias en las áreas de trabajo
- 4.8 Simulación del nivel de iluminación actual en las áreas de trabajo
- 4.9 Resultados de la simulación del nivel de iluminación actual en las áreas de trabajo
- 4.10 Luminaria LT1
- 4.11 Luminaria LT2
- 4.12 Luminaria LT3
- 4.13 Luminaria LT4
- 4.14 Distribución actual de las luminarias en las áreas de pasillo
- 4.15 Simulación del nivel de iluminación actual en las áreas de pasillo
- 4.16 Resultados de la simulación del nivel de iluminación actual en las áreas de pasillo
- 4.17 Luminaria LP1
- 4.18 Luminaria LP2
- 4.19 Luminaria LP3
- 4.20 Luminaria LP4
- 4.21 Distribución de las nuevas luminarias
- 4.22 Sensor SP actual
- 4.23 Distribución actual de los sensores SP
- 4.24 Sensor SP1
- 4.25 Sensor SP2
- 4.26 Sensor SP3
- 4.27 Sensor SP4
- 4.28 Distribución de sensor SP1
- 4.29 Distribución de sensor SP2
- 4.30 Distribución de sensor SP3
- 4.31 Distribución de sensor SP4
- 4.32 Sensor SN actual
- 4.33 Distribución y cobertura actual de los sensores SN
- 4.34 Sensor SN1
- 4.35 Sensor SN2

- 4.36 Sensor SN3
- 4.37 Sensor SN4
- 4.38 Nueva distribución y cobertura de los sensores SN
- 4.39 Sensor ST1
- 4.40 Sensor ST2
- 4.41 Sensor ST3
- 4.42 Distribución para sensores de montaje en muro
- 4.43 Distribución para sensores de montaje en techo
- 4.44 Sensor SC1
- 4.45 Sensor SC2
- 4.46 Sensor SC3
- 4.47 Sensor SL1
- 4.48 Sensor SL2
- 4.49 Sensor SL3
- 4.50 Distribución de sensores SL
- 4.51 Diagrama de la ruta de comunicación de la unidad de control
- 4.52 Clasificación de la ruta de comunicación por circuitos
- 4.53 Clasificación de la ruta de comunicación por voltaje de operación
- 4.54 Relevador de entrada
- 4.55 Diagrama de conexión del relevador de entrada
- 4.56 Convertidor AC – DC
- 4.57 Diagrama de conexión del convertidor AC – DC
- 4.58 Integrado codificador
- 4.59 Diagrama de conexión del integrado codificador
- 4.60 Transmisor de radiofrecuencia
- 4.61 Diagrama de conexión del transmisor de radiofrecuencia
- 4.62 Receptor de radiofrecuencia
- 4.63 Diagrama de conexión del receptor de radiofrecuencia
- 4.64 Integrado decodificador
- 4.65 Diagrama de conexión del integrado decodificador
- 4.66 Simulación circuito de transmisión – recepción
- 4.67 Tarjeta de desarrollo
- 4.68 Estructura de la tarjeta de desarrollo
- 4.69 Parte A de tarjeta de desarrollo
- 4.70 Parte B de tarjeta de desarrollo
- 4.71 Parte C de tarjeta de desarrollo
- 4.72 Parte D de tarjeta de desarrollo
- 4.73 Diagrama de conexión de la tarjeta de desarrollo
- 4.74 Relevador de salida
- 4.75 Diagrama de conexión del relevador de salida
- 4.76 Fusible de protección
- 4.77 Diagrama de conexión del fusible de protección
- 4.78 Interruptor termo magnético
- 4.79 Diagrama de conexión del interruptor termo magnético
- 4.80 Puestas a tierra
- 4.81 Diagrama de conexión de las puestas a tierra
- 4.82 Materiales conductores
- 4.83 Conectores eléctricos
- 4.84 Escala AWG de conectores eléctricos
- 4.85 Indicaciones de la NOM-001 para el contenido de cajas eléctricas
- 4.86 Diagrama de líneas principales de conexión
- 4.87 Líneas principales del bloque A

- 4.88 Líneas principales del bloque B
- 4.89 Líneas principales del bloque C
- 4.90 Líneas principales de los pasillos exteriores
- 4.91 Líneas principales de los pasillos interiores
- 4.92 Diagrama de distribución en la conexión de los elementos
- 4.93 Distribución de los sensores
- 4.94 Distribución de las luminarias en las áreas de trabajo
- 4.95 Distribución de las luminarias en las áreas de pasillo
- 4.96 Diagrama de la distribución de una unidad
- 4.97 Primer pantalla del programa de administración
- 4.98 Segunda pantalla del programa de administración
- 4.99 Tercer pantalla del programa de administración
- 4.100 Cuarta pantalla del programa de administración
- 4.101 Quinta pantalla del programa de administración
- 4.102 Fase 1 del programa de la unidad de control
- 4.103 Fase 2 del programa de la unidad de control
- 4.104 Fase 3 del programa de la unidad de control
- 4.105 Tabla de registro de accesos
- 4.106 Tabla de registro de movimientos
- 4.107 Tabla de registro de actividad

## Guía de tablas

---

- 4.1 Cantidad actual de luminarias por clasificación de dimensiones para las áreas de trabajo
- 4.2 Nivel lumínico actual y recomendado con la distribución actual en las áreas de trabajo
- 4.3 Nivel lumínico calculado para LT1
- 4.4 Nivel lumínico calculado para LT2
- 4.5 Nivel lumínico calculado para LT3
- 4.6 Nivel lumínico calculado para LT4
- 4.7 Cantidad ejemplo de áreas de trabajo en el piso 3
- 4.8 Cantidad de luminarias recomendadas para cada LT#
- 4.9 Calculo teórico del consumo por jornada para cada LT#
- 4.10 Cantidad actual de luminarias por clasificación de las áreas de pasillo
- 4.11 Nivel lumínico actual y recomendado con la distribución actual en las áreas de pasillo
- 4.12 Nivel lumínico calculado para LP1
- 4.13 Nivel lumínico calculado para LP2
- 4.14 Nivel lumínico calculado para LP3
- 4.15 Nivel lumínico calculado para LP4
- 4.16 Calculo teórico del consumo por jornada para cada LP#
- 4.17 Evaluación de las especificaciones de los SP#
- 4.18 Comparación de la duración de los SP#
- 4.19 Evaluación de las especificaciones de los SN#
- 4.20 Comparación de la duración de los SN#
- 4.21 Evaluación de las especificaciones de los ST#
- 4.22 Comparación de la duración de los ST#
- 4.23 Evaluación de las especificaciones de los SC#
- 4.24 Comparación de la duración de los SC#
- 4.25 Evaluación de las especificaciones de los SL#
- 4.26 Nomenclatura de las terminales de la tarjeta de desarrollo