



# **INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**

**ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA  
UNIDAD PROFESIONAL “ADOLFO LÓPEZ MATEOS”  
ZACATENCO**

**“PROPUESTA DEL DISEÑO DE UN LABORATORIO DE ALUMBRADO Y  
FOTOMETRÍA PARA LA ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA  
Y ELÉCTRICA UNIDAD ZACATENCO”**

## **TESIS**

**PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO ELECTRICISTA**

**PRESENTAN:**

**EDUARDO MORELOS RUIZ  
ANDRES OSVALDO SANABRIA GARCIA**

**ASESORES**

**DR. DAVID HERNÁNDEZ LEDESMA**

**DR. EVERARDO LÓPEZ SIERRA**

**CIUDAD DE MÉXICO, JULIO 2022**



**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL  
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA  
UNIDAD PROFESIONAL “ADOLFO LÓPEZ MATEOS”**

**TEMA DE TESIS**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERO ELECTRICISTA  
POR LA OPCIÓN DE TITULACIÓN TESIS COLECTIVA Y EXAMEN ORAL INDIVIDUAL  
DEBERA (N) DESARROLLAR C. EDUARDO MORELOS RUIZ  
C. ANDRES OSVALDO SANABRIA GARCIA**

**“PROPUESTA DEL DISEÑO DE UN LABORATORIO DE ALUMBRADO Y FOTOMETRÍA PARA LA  
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA UNIDAD ZACATENCO”**

CONTRIBUIR EN EL CRECIMIENTO Y DESARROLLO DE LA FORMACIÓN ACADÉMICA DE LOS ALUMNOS DE LA CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA POR MEDIO DE LA PROPUESTA DE UN LABORATORIO DE ALUMBRADO Y FOTOMETRÍA.

- ❖ LABORATORIO DE PRUEBAS
- ❖ LABORATORIO DE ILUMINACIÓN
- ❖ ESTUDIO TÉCNICO
- ❖ ESTUDIO ECONÓMICO
- ❖ CONCLUSIONES

**CIUDAD DE MÉXICO, A 11 DE JULIO DE 2022.**

**ASESORES**

**DR. DAVID HERNÁNDEZ  
LEDESMA**

**DR. EVERARDO LÓPEZ  
SIERRA**

**ING. BULMARO SÁNCHEZ HERNÁNDEZ  
JEFE DE LA CARRERA DE  
INGENIERÍA ELÉCTRICA**



**Autorización de uso de obra**

**Instituto Politécnico Nacional**

**Presente**

Bajo protesta de decir verdad los que suscriben **EDUARDO MORELOS RUIZ Y ANDRES OSVALDO SANABRIA GARCIA**, manifestamos ser autores y titulares de los derechos morales y patrimoniales de la obra titulada "**PROPUESTA DEL DISEÑO DE UN LABORATORIO DE ALUMBRADO Y FOTOMETRÍA PARA LA ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA UNIDAD ZACATENCO**", en adelante "**La Tesis**" y de la cual se adjunta copia, **en un impreso y un cd** por lo que por medio del presente y con fundamento en el artículo 27 fracción II, inciso b) de la Ley Federal del Derecho de Autor, otorgamos al **INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**, en adelante **EI IPN**, autorización no exclusiva para comunicar y exhibir públicamente total o parcialmente en medios digitales o en cualquier otro medio; **para apoyar futuros trabajos relacionados con el tema de "La Tesis"** por un periodo de **5 años** contado a partir de la fecha de la presente autorización, dicho periodo se renovará automáticamente en caso de no dar aviso expreso a **EI IPN** de su terminación.

En virtud de lo anterior, **EI IPN** deberá reconocer en todo momento nuestra calidad de autores de "**La Tesis**".

Adicionalmente, y en nuestra calidad de autores y titulares de los derechos morales y patrimoniales de "**La Tesis**", manifestamos que la misma es original y que la presente autorización no contraviene ninguna otorgada por los suscritos respecto de "**La Tesis**", por lo que deslindamos de toda responsabilidad a **EI IPN** en caso de que el contenido de "**La Tesis**" o la autorización concedida afecte o viole derechos autorales, industriales, secretos industriales, convenios o contratos de confidencialidad o en general cualquier derecho de propiedad intelectual de terceros y asumimos las consecuencias legales y económicas de cualquier demanda o reclamación que puedan derivarse del caso.

Ciudad de México., a 02 de diciembre de 2022.



**EDUARDO MORELOS RUIZ**

**Atentamente**



**ANDRES OSVALDO SANABRIA GARCIA**

## **AGRADECIMIENTOS**

A mis padres por todo el esfuerzo y sacrificios que realizaron para poder concluir mis estudios en ESIME. Por las enseñanzas, el apoyo, la comprensión y porque nunca encontrare todas las palabras para agradecer lo que han hecho a mi persona.

A mis hermanos por toda el apoyo y motivación que me brindaron a lo largo de mis estudios, así como en todas las ocasiones que me acompañaron y ayudaron en mis tareas.

# ÍNDICE

<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	I
<b>II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	II
<b>III. JUSTIFICACIÓN</b> .....	III
<b>IV. OBJETIVOS</b> .....	IV
IV.1 Objetivo General .....	IV
IV.2 Objetivos Particulares.....	IV
<b>V. ALCANCE</b> .....	V
<b>CAPÍTULO 1. LABORATORIO DE PRUEBAS</b> .....	1
<b>1. CARACTERÍSTICAS DE UN LABORATORIO</b> .....	2
1.1 Laboratorio de Pruebas .....	2
1.2 Generalidades Técnicas .....	3
1.2.1 Condiciones ambientales e instalaciones.....	3
1.2.2 Personal del laboratorio .....	4
1.2.5 Métodos de ensayo .....	5
1.2.4 Equipos .....	5
1.2.5 Trazabilidad de las mediciones .....	6
1.2.6 Muestreo .....	7
<b>CAPÍTULO 2. LABORATORIO DE ILUMINACIÓN</b> .....	8
<b>2. CARACTERÍSTICAS DEL LABORATORIO DE ILUMINACIÓN</b> .....	9
2.1 Pruebas a Luminarios.....	9
2.1.1 Pruebas eléctricas.....	9
2.1.2 Pruebas térmicas .....	9
2.1.3 Pruebas mecánicas.....	10
2.1.4 Pruebas ambientales.....	10
2.1.5 Pruebas fotométricas .....	10
2.1.6 Prueba de resistencia aislamiento.....	11
2.1.7 Prueba de vibración .....	11
2.1.8 Prueba de resistencia a la lluvia.....	12
2.1.9 Pruebas de choque térmico .....	13

2.1.10 Prueba de uniones .....	14
2.1.10 Pruebas contra la corrosión .....	15
2.1.11 Prueba de eficacia luminosa .....	17
2.2 Norma Oficial Mexicana .....	20
2.2.1 Uso general .....	21
2.2.2 Uso exterior .....	23
<b>CAPÍTULO 3. ESTUDIO TÉCNICO .....</b>	<b>25</b>
<b>3. PROPUESTA DE DISEÑO DEL LABORATORIO DE ALUMBRADO Y FOTOMETRÍA.....</b>	<b>26</b>
3.1 Espacio del Laboratorio .....	26
3.1.1 Área de esfera integradora.....	28
3.1.2 Área de pruebas eléctricas.....	30
3.1.3 Área de Gonio fotómetro .....	32
3.1.4 Área de almacén .....	34
3.1.5 Área de prueba de lluvia .....	35
3.1.6 Área de prueba de vibración .....	37
3.1.7 Prueba de ciclo de operación.....	39
3.1.8 Área de envejecimiento de luminarias.....	41
3.2 Área de salón de clases.....	43
3.3 Área de sala de exposición .....	45
<b>CAPÍTULO 4. ESTUDIO ECONÓMICO .....</b>	<b>47</b>
<b>4. ESTUDIO ECONÓMICO .....</b>	<b>48</b>
4.1 Costos de construcción.....	48
4.2 Costos de Equipos.....	48
4.2.1 Esferas integradora .....	48
4.2.2 Gonio fotómetro.....	49
4.2.3 Multímetro .....	50
4.2.4 Wáttmetro.....	50
4.2.5 Bomba de agua .....	50
4.2.6 Horno .....	51
4.2.7 Congelador.....	51

4.2.8 Vibradores.....	51
4.2.9 Timer.....	51
4.2.10 Fuentes de alimentación.....	52
4.2.11 Osciloscopio.....	52
4.3 Mobiliario.....	52
4.3.1 Sillas.....	52
4.3.2 Mesas.....	53
4.3.3 Estantes.....	53
4.4 Tabla de costos.....	53
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>55</b>
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>56</b>
<b>GLOSARIO.....</b>	<b>58</b>
<b>NOMENGLATURA.....</b>	<b>60</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. “Secuencia de prueba” (NMX-J-307-ANCE-2004,2004, p.29).....	13
Tabla 2.2 “Par de torsión en tornillos” (NMX-J-307-ANCE-2004,2004, p.26).....	15
Tabla 2.3. “Espesores mínimos de recubrimiento” (NMX-J-307-ANCE-2004,2004, p.24).....	17
Tabla 2.4. “Valores mínimos de eficiencia” (NOM-028-ENER-2017, 2018,) .....	17
Tabla 2.5 “Valores mínima de eficiencia para lámparas fluorescentes” (NOM-028-ENER-2017, 2018,).....	18
Tabla 2.6 “Eficiencia mínima para lámparas fluorescentes” (NOM-028-ENER-2017, 2018,).....	19
Tabla 2.7 “Eficacia mínima en lámparas de descarga, luz mixta y vapor de sodio” (NOM-028-ENER-2017, 2018,) .....	20
Tabla 4.1 costos de lo requerido en laboratorio .....	54

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Horno de tratamiento térmico. Recuperado de: Horno del valles. ....	10
Figura 2.2 Equipo de vibración. Recuperado de (Holophane,2010, p. 13).....	12
Figura 2.3 Luminario sometido a la prueba de lluvia recuperado de (Holophane,2010, p. 12) .....	13
Figura 2.4 fotómetro para realizar pruebas a luminarios ( <a href="https://www.xatakafoto.com">https://www.xatakafoto.com</a> ) .....	21
Figura 2.5 esfera integrado para realizar pruebas fotométricas ( <a href="http://electricidad.ec/esfera-integradora/">http://electricidad.ec/esfera-integradora/</a> ).....	22
Figura 3.1. Plano de laboratorio de iluminación. AUTOCAD Ver.2018. ....	27
Figura 3.2 Modelado de área de esfera integradora vista en área de diseño. Sweet Home 3D Ver.2018.....	28
Figura 3.3 Vista frontal del área de la esfera integradora. Sweet Home 3D Ver.2018. ....	29
Figura 3.4 Vista interna del área de la esfera integradora. Sweet Home 3D Ver.2018. ....	29
Figura 3.5 Vista interna de esfera integradora. Sweet Home 3D Ver.2018.....	29
Figura 3.6 Vista de área de pruebas eléctricas en espacio de diseño. Sweet Home 3D Ver.2018.....	31
Figura 3.7 Vista posterior de área de pruebas eléctricas. Sweet Home 3D Ver.2018. ....	31
Figura 3.8 Vista interna área de choque térmico y mesas de pruebas eléctricas. Sweet Home 3D Ver.2018.....	32
Figura 3.9 Vista interna en área de pruebas a luminarios. Sweet Home 3D Ver.2018. ....	32
Figura 3.10 Vista del área del gonio fotómetro en espacio de diseño. Sweet Home 3D Ver.2018.....	33
Figura 3.11 Vista posterior de la entrada al área del gonio fotómetro. Sweet Home 3D Ver.2018.....	33

Figura 3.12 Vista interna del área donde se encontrara gonio fotómetro. Sweet Home 3D Ver.2018. ....	34
Figura 3.13 Vista de almacén en espacio de diseño. Sweet Home 3D Ver.2018..	34
Figura 3.14 Vista posterior de almacén. Sweet Home 3D Ver.2018. ....	35
Figura 3.15 Vista interna de almacén. Sweet Home 3D Ver.2018. ....	35
Figura 3.17 Vista posterior de área de prueba de lluvia. Sweet Home 3D Ver.2018.	36
Figura 3.18 Vista interna en zona de observación de muestra. Sweet Home 3D Ver.2018.....	37
Figura 3.19 Vista en área de prueba de lluvia. Sweet Home 3D Ver.2018. ....	37
Figura 3.20 Vista de prueba de vibración en espacio de diseño. Sweet Home 3D Ver.2018.....	38
Figura 3.21 Vista parte posterior de la entrada de prueba de vibración. Sweet Home 3D Ver.2018. ....	38
Figura 3.22 Vista interna de las mesas de vibración. Sweet Home 3D Ver.2018..	39
Figura 3.23 Vista de prueba de ciclo de operación en espacio de diseño. Sweet Home 3D Ver.2018. ....	40
Figura 3.24 Vista posterior de acceso a prueba de ciclo de operación. Sweet Home 3D Ver.2018.....	40
Figura 3.25 Vista interna de zona de ciclo de operación de luminarias. Sweet Home 3D Ver.2018.....	41
Figura 3.26 Vista de prueba de en vejecimiento en espacio de diseño. Sweet Home 3D Ver.2018.....	42
Figura 3.27 Vista posterior acceso a prueba de en vejecimiento. Sweet Home 3D Ver.2018.....	42
Figura 3.28 Vista interna de estantes de en vejecimiento. Sweet Home 3D Ver.2018. ....	43
Figura 3.29 Vista de salón de clases en espacio de diseño. Sweet Home 3D Ver.2018. ....	44
Figura 3.30 Vista interna de salón de clases. Sweet Home 3D Ver.2018. ....	44
Figura 3.31 Vista interna de salón de clases de parte de accesos. Sweet Home 3D Ver.2018.....	44

Figura 3.32 Vista sala de exposición en espacio de diseño. Sweet Home 3D Ver.2018. .....	45
Figura 3.33 Vista de sala de exposición de área de espectadores y exhibición de luminarias. Sweet Home 3D Ver.2018. ....	46
Figura 3.34 Vista de sala de exposición de área de muestras y entrada. Sweet Home 3D Ver.2018. ....	46
Figura 4.1 Equipo gonio fotómetro ofrecido (LISUN, 2021).....	49
Figura 4.2 Multímetro 2709B (BK precisión, 2021).....	50

## **I. INTRODUCCIÓN**

El presente proyecto de ingeniería se realiza una propuesta de diseño de un laboratorio de alumbrado y fotometría para la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica Unidad Zacatenco.

Las instalaciones actuales del laboratorio de iluminación se encuentran en condiciones desfavorables para realizar pruebas a los luminarios requeridos. De tal manera se indica la propuesta del diseño del laboratorio en el cual se distribuyó por áreas tales como: esfera integradora, pruebas eléctricas, gonio fotómetro, pruebas de ciclo de operación, pruebas de envejecimiento, prueba de lluvia, prueba de vibración. Además de las áreas de prueba a luminarios se agregaron áreas de show room, almacén y salón de clase. La propuesta de diseño se elaboró de acuerdo a la normatividad vigente.

Se realiza una tabla de costos en la cual se indica todos los equipos y mobiliario propuestos para el laboratorio de iluminación los cuales se describen en el capítulo correspondiente.

## **II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

En la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica Unidad Zacatenco en el área de pesados 2, se encuentra el laboratorio de iluminación, el cual no cuenta con las condiciones para realizar diferentes pruebas necesarias para determinar las condiciones de luminarias.

Esto es importante ya que de acuerdo al plan de estudios de la carrera de ingeniería eléctrica se encuentra como una especialidad, y al no tener un espacio físico y los equipos técnicos indispensables para la realización de pruebas, no se cumple en su totalidad el aprendizaje significativo para aprendices.

### **III. JUSTIFICACIÓN**

Al conocer que el laboratorio de alumbrado y fotometría no cuenta con las condiciones para realizar diferentes pruebas necesarias para determinar las condiciones de las luminarias.

Se realizará el diseño de un laboratorio de alumbrado y fotometría que cuente con el equipo y herramientas necesarias con base a la NOM-028-ENER-2017, NOM-030-ENER-2016, NOM-031-ENER-2019, NOM 064 SCF1-2017.

Se generará la propuesta que permita a los aprendices el crecimiento y desarrollo de su formación académica, teniendo como base un laboratorio en el cual se pueda realizar pruebas y mediciones que se solicitan en el área de sistemas de iluminación

## **IV. OBJETIVOS**

### **IV.1 Objetivo General**

Contribuir en el crecimiento y desarrollo de la formación académica de alumnos en la carrera de ingeniería eléctrica por medio de la propuesta de un laboratorio de alumbrado y fotometría

### **IV.2 Objetivos Particulares**

- Elaborar la propuesta del laboratorio en el que se realizaran pruebas con base en la NOM- 028-ENER-2017, NOM-030-ENER-2016, NOM-031-ENER-2019, NOM 064 SCF1-2017
- Diseñar instalaciones conforme a la NMX-EC-17025-IMNC-2018 para este tipo de laboratorios.
- Seleccionar equipos que cumplan las características técnicas que se requieren en el laboratorio

## **V. ALCANCE**

El alcance es el diseño de la propuesta del laboratorio de alumbrado y fotometría para la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica Unidad Zacatenco.

# **CAPÍTULO 1.**

## **LABORATORIO DE PRUEBAS**

# 1. CARACTERÍSTICAS DE UN LABORATORIO

De acuerdo con Pérez y Gardey (2010) nos dice que “Laboratorio es un espacio el cual tiene el equipo e instalaciones con todas las características necesarias para realizar métodos de prueba, investigaciones o escritos enfocados a lo técnico y científico”. Para los lugares, se debe de contar con ambientales controlados para prevenir que generen diferentes perturbaciones anormales a las previstas y que puedan llegar a alterar las mediciones.

Los laboratorios tienen contar con una acreditación el cual es otorgada por una entidad de acreditación en este caso es EMA quien tiene la facultad de reconocer que exista competencia técnica y confiabilidad, además de contar con el proceso de verificación el cual es la comprobación visual, comprobación por medio de un muestreo, medición y pruebas, además se puede realizar un examen de documentos esto con el fin de una evaluación de conformidad en un espacio de tiempo establecido

## 1.1 Laboratorio de Pruebas

“Los laboratorios de pruebas (ensayos), son aquellas instalaciones fijas o móviles que cuentan con la facultad técnica, material y humana para realizar las mediciones, análisis o determinar las características de materiales, productos o equipos de acuerdo con especificaciones establecidas. (secretaría de economía, 2010).

“Los laboratorios llegan a pertenecer a instituciones de 1ra, 2da y 3ra parte, además estar en el sector: educativo, científico, productor, distribuidor, comercializador, de servicios”. (secretaría de economía, 2010).

## **1.2 Generalidades Técnicas**

En el laboratorio existen varias condiciones con las cuales se puede determinar la confiabilidad y exactitud de los ensayos o de las calibraciones. Por lo que se muestran a continuación cuales son:

- Condiciones ambientales e instalaciones
- Personal del laboratorio
- Métodos de ensayo
- Equipos
- Trazabilidad de las mediciones
- Muestreo

### **1.2.1 Condiciones ambientales e instalaciones**

La NMX-EC-17025-IMNC-2018 (2018) refiere que el laboratorio tiene que garantizar la existencia de condiciones ambientales ya que no deben de invalidar los resultados ni comprometer la exactitud requerida en las pruebas. Para ocasiones en la que no se realice pruebas, calibraciones o muestreo en las instalaciones correspondientes del laboratorio se tiene tomas medidas especiales.

Las instalaciones del laboratorio deben de tener energía eléctrica, iluminación y condiciones ambientales, porque debe garantizar una ejecución correcta y eficaz a las pruebas o calibraciones. Los requisitos técnicos para las instalaciones y las condiciones ambientales que puedan afectar a los resultados de las pruebas y de las calibraciones deben estar documentados.

El laboratorio debe realizar el seguimiento, inspeccionar y anotar las condiciones ambientales según lo requieran las especificaciones, métodos y procedimientos o cuando estas puedan intervenir en la calidad de los resultados.

“El laboratorio deberá tener el registro del manejo y entrada a las áreas que pueden afectar su calidad en pruebas y calibraciones además de seguir las medidas de seguridad, mantenimiento, orden y limpieza. El Motivo es porque se tiene que asegurar que el personal del laboratorio se exponga a un riesgo menor, además que la realización de las pruebas sea correcta y, asegurando que las condiciones ambientales no lleguen a afectar o alterar los resultados.

Por lo cual se debe asegurar de que las instalaciones cuenten con equipo de seguridad adecuado para salvaguardar la integridad física del personal, la protección del medio ambiente y de las propias instalaciones del laboratorio. Estos requisitos incluyen la organización y la capacitación del personal para enfrentar cualquier desastre. También, cuando existan actividades que se lleven a cabo fuera de las instalaciones del laboratorio, debe garantizar que las pruebas se realicen en condiciones seguras.” NMX-EC-17025-IMNC-2018 (2018).

### **1.2.2 Personal del laboratorio**

Es elemental que todo personal en el laboratorio que tenga funciones y responsabilidades directas con en el progreso favorable que realiza el sistema de calidad, por lo que deberá de contar con un perfil adecuado para ocupar su puesto de trabajo. De tal manera, la administración correspondiente al laboratorio deberá confirmar que su personal este calificado y con la educación adecuada, además de tener un registro si cuenta con la capacitación y experiencia que el puesto requiera. Por lo que los perfiles de cada puesto deben incluir conocimiento de normas y legislaciones asociadas.

El personal que sea elegido para hacer una actividad diferente a las que normalmente realiza, al igual que el personal de nuevo ingreso, deberá estar sujeto a un programa de adiestramiento. Este programa debe incluir evaluaciones

periódicas y supervisión continua, hasta que se demuestre conocimiento y destreza en la actividad encomendada. Además del programa de adiestramiento, el personal de nuevo ingreso al laboratorio deberá recibir una plática o un curso de inducción, según lo establezca el laboratorio. Posterior al programa de inducción y adiestramiento, este personal deberá incluirse en el programa de capacitación. Los cursos contemplados en estos programas podrán ser impartidos por personal interno o externo al laboratorio.

### **1.2.5 Métodos de ensayo**

En las calibraciones que se encuentran en el alcance y todos los ensayos el laboratorio tiene que emplear procedimientos y métodos adecuados. “Además, esto abarca el medio de transporte, el lugar en el cual se almacenará, la manipulación y toda la organización de los ítems para calibrar y también cuando se requiera en la medición la estimación de la incertidumbre”. NMX-EC-17025-IMNC-2018 (2018).

### **1.2.4 Equipos**

El laboratorio debe estar abastecido con todos los diferentes equipos para el muestreo, la medición y el ensayo, requeridos para la correcta realización de las pruebas o de las calibraciones incluido el muestreo, la preparación de los ítems de ensayo o de calibración y el procedimiento y análisis de los datos de ensayo o de calibración.

“Los equipos y software ocupados en las pruebas y calibraciones deberán aprobar su exactitud requerida y garantizar especificaciones indicadas en las pruebas a realizar. Antes de activar el funcionamiento del equipo se calibrará y verificará para garantizar el requerimiento de las indicaciones del laboratorio, además de cumplir con las especificaciones normalizadas pertinentes.” NMX-EC-17025-IMNC-2018 (2018).

Los equipos deben ser puestos en funcionamiento por personal autorizado. Los instructivos del uso de equipo tienen que estar actualizados y tendrá que estar de manera accesible el plan de mantenimiento de cada equipo para ser ocupado en el momento que se requiera.

Se tiene que guardar los registros de cada elemento del equipo y software si este está integrado.

De acuerdo con NMX-EC-17025-IMNC-2018 (2018). Los registros se deben incluir.

- a) La identificación de su equipo y su software
- b) El nombre del fabricante, la identificación del modelo, el número de serie u otra identificación única.
- c) Las verificaciones de la conformidad del equipo con la especificación.
- d) La ubicación actual de cuando corresponda
- e) Las instrucciones del fabricante, si están disponibles, o la referencia a su ubicación
- f) Las fechas, los resultados y las copias de los informes y de los certificados de todas las calibraciones, los ajustes los criterios de aceptación, y la fecha prevista de la próxima calibración.
- g) El plan de mantenimiento cuando corresponda y el mantenimiento llevado cabo hasta la fecha.
- h) Todo daño, mal funcionamiento, modificación o reparación del equipo.

### **1.2.5 Trazabilidad de las mediciones**

En los equipos del laboratorio se tiene que realizar un programa y un procedimiento para realizar la calibración, por otra parte, tiene que ser calibrados los equipos que se utilicen en los ensayos además de equipos para mediciones auxiliares antes de que se pongan en funcionamiento para su servicio.

### **1.2.6 Muestreo**

Conforme a la NMX-EC-17025-IMNC-2018 (2018) En el laboratorio se debe contar con el procedimiento y plan del muestreo para que cuando se realice el muestreo de sustancias, productos al que se le aplique el ensayo, materiales o calibre. De tal manera el procedimiento y plan del muestreo tiene que estar apto en la zona que se realiza el muestreo. Así mismo el desarrollo del muestreo tiene que observar cuales factores tendrán que ser monitoreados para confirmar su validez de los resultados en calibración o ensayo.

Se deberá llevar los métodos en donde se anoten datos y maniobras enlazadas al muestreo que formen parte de calibraciones o ensayos que se realicen en el laboratorio. En los cuales se tendrá que anotar el procedimiento que se utilizó de muestreo, las condiciones ambientales, la identidad de la persona que lo realizo.

# **CAPÍTULO 2.**

## **LABORATORIO DE ILUMINACIÓN**

## 2. CARACTERÍSTICAS DEL LABORATORIO DE ILUMINACIÓN

El principal funcionamiento que se realiza son todas las acciones que tengan que relacionarse con la luz que proviene de luminarias para poder realizar pruebas con equipos de medición esto con el fin de lograr diseñar y progresar a nuevos artículos o estrategias en el área de diseño de iluminación.

Así como son sometidos los productos que se ponen a la venta a pruebas de calidad también tiene que pasar las lámparas que por dichas para que este certificada de que tiene un rendimiento óptimo para su uso y que sea seguro. Para realizar estas pruebas están los laboratorios que se dedican a comprobar las especificaciones de las lámparas.

### 2.1 Pruebas a Luminarios

“Para corroborar el buen funcionamiento y tener un grado de calidad se realiza una serie de pruebas eléctricas, pruebas fotométricas, pruebas térmicas, pruebas mecánicas y pruebas ambientales y además de comprobar que las lámparas se encuentren dentro de la normativa que esté vigente”. (Torres, 2009)

#### 2.1.1 Pruebas eléctricas

Las pruebas eléctricas se dedican a establecer requisitos técnicos mínimos de las características eléctricas para lámparas como son tensión, corriente, potencia, resistencia de aislamiento, temperatura entre otros.

#### 2.1.2 Pruebas térmicas

“Las pruebas térmicas tienen como objetivo que los componentes y las lámparas se exponen a condiciones de calor superiores a lo que normalmente se encuentran bajo su operación de campo” (Holophane,2010, p. 12). Esta es una de las pruebas que se usan hornos de tratamiento térmico como se muestra en la figura

2.1 este ayuda para la investigación, pero también para cumplir con la normativa de conformidad del producto.



Figura 2.1 Horno de tratamiento térmico. Recuperado de: Horno del valles.

### **2.1.3 Pruebas mecánicas**

“Las pruebas mecánicas se dedican a examinar las características mecánicas que son relacionadas al diseño y estructura en las cuales se checa dureza, adherencia a la pintura, torsión y carga que soporta y la carcasa”. (Torres, 2009)

### **2.1.4 Pruebas ambientales**

“Las pruebas ambientales se dedican a observar as características ambientales de luminarios, las cuales son relacionadas a la protección y operación” (Torres, 2009)

### **2.1.5 Pruebas fotométricas**

La fotometría se encarga de observar la capacidad de radiación electromagnética que está dentro de un rango donde puede ser visible para que

pueda ser detectado por el ojo humano, esta ciencia define la curva y dirección de la luz artificial emitida por un luminario.

Las curvas fotométricas son representaciones de los valores encontrados y calculados que fueron tomados cuando se realizó un ensayo en un laboratorio de fotometría, esta representación puede ser una matriz de intensidades otra forma que encontramos es por diagramas cartesianos son comunes de utilizar y describe con precisión las características de las lámparas que fueron sometidas a pruebas.

También se utilizan las curvas polares que es utilizada para ver la distribución real de iluminación en toda un área es común encontrarla en un plano de 2 dimensiones ya que se puede trabajar mejor y más fácil para poder comprender lo que se está plasmando en las curvas.

Las pruebas de fotometría se dedican a examinar las propiedades radiométricas, fotométricas y colorimétricas de las luminarias la conforman equipos de medición en CA y CD, espectro y color de la luz emitida por las lámparas. Estos laboratorios son de gran importancia en la rama de laboratorios de prueba.

#### **2.1.6 Prueba de resistencia aislamiento**

“Esta prueba tiene como objetivo determinar la resistencia de aislamiento la cual se obtiene entre las terminales de alimentación del luminario estas tienen que estar cortocircuitadas y la envolvente de este. El resultado obtenido no tiene que ser menor a  $2 \text{ M } \Omega$ .” (NMX-J-307-ANCE-2004,2004, p.40)

Equipo que se utiliza en la prueba:

- Megohmetro

#### **2.1.7 Prueba de vibración**

Esta prueba se realiza al luminario el cual se monta al equipo de vibración como se muestra en la figura 2.2 en la cual es sometido a secuencias de barrido en el fin de observar que en el luminario no se desprenda, así mismo no pierda ninguno de sus componentes.



Figura 2.2 Equipo de vibración. Recuperado de (Holophane,2010, p. 13)

### **2.1.8 Prueba de resistencia a la lluvia**

La prueba de resistencia a la lluvia tiene una aplicación en luminarias para uso de tipo exterior, la cuales tiene que someterse a un dispositivo de lluvia artificial como se muestra en la figura 2.3 con la secuencia de prueba indicada en la tabla 2.1. “Al terminar la prueba se tiene que medir la resistencia de aislamiento, el luminario no debe moverse ni abrirse. Posteriormente, se debe observar que el agua no tenga contacto con las partes eléctricas, sin embargo, se hace una excepción a los componentes o lámparas que estén diseñados para este fin.” (NMX-J-307-ANCE-2004,2004, p.6)

Equipo que se utiliza en la prueba:

- Dispositivo de lluvia artificial,
- cronometro



Figura 2.3 Luminario sometido a la prueba de lluvia recuperado de (Holophane,2010, p. 12)

“El luminario debe colocarse a una distancia de 1.4 m de 3 aspersores. Debe asegurarse que el luminario se encuentre adentro del área focal de los aspersores, por lo que tiene que recibir la mayor cantidad de agua. Se deberá observar que la presión del chorro de agua en el aspersor tiene que ser a 35 kPa” (NMX-J-307-ANCE-2004,2004, p.25).

Tabla 2.1. “Secuencia de prueba” (NMX-J-307-ANCE-2004,2004, p.29)

Tiempo h	Funcionando	Agua
1	Si	No
½	No	Si
2	Si	Si
½	No	si

### 2.1.9 Pruebas de choque térmico

El procedimiento de la prueba se inicia de acuerdo con (NMX-J-307-ANCE-2004,2004, p. 36-37) indica lo siguiente: “Los vidrios termo templados se someterán a un calentamiento en un horno controlado en un periodo de quince minutos, con el fin de fijar un diferencial de temperatura de 170 C +- 1 C a través de un medio frio y

caliente. De tal manera se quitará el espécimen del medio caliente y posteriormente el espécimen ingresara al medio frio y con una posición de forma horizontal, para tener un choque térmico en toda la parte del vidrio. Los vidrios boro silicato se someterán a un calentamiento en un horno controlado en un periodo de quince minutos, con el fin de fijar un diferencial de temperatura de  $75\text{ C} \pm 1\text{ C}$  a través de un medio frio y caliente. De tal manera se quitará el espécimen del medio caliente y posteriormente el espécimen se colocará en un medio frio.”

Equipo que se utiliza en la prueba:

- Horno de temperatura
- Recipiente
- Termómetro
- Cronometro
- Vernier

### **2.1.10 Prueba de uniones**

En la prueba de uniones se observa que todas las uniones de componentes o partes tienen que sostenerse firmemente y evadir que las partes o componentes se muevan o giren, produciendo un movimiento en dispositivos para uniones después de que se encuentre armado del luminario, se hace una excepción en los casos de que el luminario sea diseñado para tal fin. (NMX-J-307-ANCE-2004,2004, p.6)

Procedimiento de la prueba tiene como objetivo que el tornillo en prueba deberá de ponerse un par de torsión la cual se indica en tabla 2.2.

Tabla 2.2 “Par de torsión en tornillos” (NMX-J-307-ANCE-2004,2004, p.26)

Diámetro mm	sin cabeza	Otros tornillos
Hasta 2.8	0.20	0.4
Mayor que 2.8 hasta 3.0	0.25	0.5
Mayor que 3.0 hasta 3.2	0.30	0.6
Mayor que 3.2 hasta 3.6	0.40	0.8
Mayor que 3.6 hasta 4.1	0.70	1.2
Mayor que 4.1 hasta 4.7	0.80	1.8
Mayor que 4.7 hasta 5.3	0.80	2.0
Mayor que 5.3 hasta 6.0	--	2.5
Mayor que 6.0	--	8.0

“El tornillo que se encuentra en examinación deberá someterse a una carga que soporte 4 veces todos los materiales a los que debería soportar, se aplica en un tiempo de 1 minuto tiene que estar con una dirección al eje de este. Se tiene que observar que no se desprenda” (NMX-J-307-ANCE-2004,2004, p.25).

Se debe observar que los tornillos soporten el par de apriete sin barrer la rosca además de que los componentes no deberán girar.

Equipo que se utiliza para la prueba:

- Aparato de torsión
- Bascula
- Cronometro

### **2.1.10 Pruebas contra la corrosión**

En la prueba contra la corrosión se indica que cualquier parte de metal ferroso, esto incluye a tornillos, bisagras, indicados posterior al ensamble, tiene que encontrarse protegidos a la corrosión por el recubrimiento metálico o pintura.

“Las partes que no requieren protección adicional son: acero inoxidable, aleaciones, cobre, aluminio y componentes parecidos que tienen resistencia a la corrosión”. (NMX-J-307-ANCE-2004,2004, p.25).

No se necesita de una protección contra corrosión en las siguientes partes: agujeros, filos y puntos de la soldadura en acero recubiertos.

El procedimiento de la prueba se inicia de acuerdo con NMX-J-307-ANCE-2004 (2004) indica lo siguiente:

“Con un cortador de 6 filos, con una distancia de 1 mm entre si, se graba una reja de cuadros, de 5 mm x 5mm, sobre la superficie pintada hasta llegar a la carcasa. Después se frota la superficie de prueba un cepillo de cerdas duras en dirección diagonal a los cuadros, con una presión ligera, 5 veces en una dirección y 5 veces en la otra.

Para la prueba tiene que aplicarse sobre 5 puntos uniformemente repartidos sobre el espacio de prueba. Los espesores medidos de recubrimiento se especifican en la tabla 2.3.”

Tabla 2.3. “Espesores mínimos de recubrimiento” (NMX-J-307-ANCE-2004,2004, p.24)

**Espesores mínimos de recubrimiento**

Accesorio	Espesor mínimo mm
Herrajes de hierro o acero para luminarios exteriores	0.075
Piezas construidas con láminas de acero pre galvanizado	0.02
Herrajes interiores de hierro o acero (excepto acero inoxidable) con recubrimiento de	
a) Galvanizado	0.008
b) Otros	0.006

Equipo que se utiliza en la prueba:

- vernier
- Medidor de espesor
- Rayador con 6 filos separador 1 mm
- Cepillo

**2.1.11 Prueba de eficacia luminosa**

Conforme a la NOM-028-ENER-2017, (2018) “Lámparas incandescentes e incandescentes con halógenos. Conforme a la tabla 2.4 se deberá de cumplir la eficiencia luminosa indicada para las todas las lámparas mencionadas anteriormente.”

Tabla 2.4. “Valores mínimos de eficiencia” (NOM-028-ENER-2017, 2018,)

**Valores mínimos de eficiencia luminosa**

Intervalo de flujo luminoso (lm)	Eficacia mínima (lm/W)
Mayor que 1950	
Mayor que 1117 y menor que 1950	
Mayor que 787 y menor que 1117	60.00
Mayor que 562 y menor que 787	
Menor o igual que 562	

“Para la selección del espectro modificado las coordenadas cromáticas (x,y) deben ubicarse en el exterior de la cuarta elipse de MacAdm para las lámparas que tiene las características de ser incandescente de bulbo claro medida, y tienen que encontrarse en la parte inferior de la curva de cuerpo negro”. NOM-028-ENER-2017, (2018)

La eficacia luminosa mínima para las lámparas fluorescentes lineales conforme a la NOM-028-ENER-2017, (2018) “en la tabla 2.5 se indica la eficacia luminosa mínima establecida con los parámetros de un diámetro  $\geq$  que 25 mm.”

**Tabla 2.5 “Valores mínima de eficiencia para lámparas fluorescentes” (NOM-028-ENER-2017, 2018,)**  
*Valores de eficiencia mínima para lámparas fluorescentes lineales o de diámetro mayor o igual a 25 mm.*

Longitud nominal cm (pies)	Temperatura de calor correlacionada (K)	Eficacia luminosa mínima (lm/W)
61 U (2)	Menor igual que 4500	86
	Mayor que 4500	83
61 (2)	Menor igual que 4500	79
	Mayor que 4500	73
91 (3)	Menor igual que 4500	85
	Mayor que 4500	83
122 (4)	Menor igual que 4500	88
	Mayor que 4500	85
152 (5)	Menor igual que 4500	86
	Mayor que 4500	85
183 (6)	Menor igual que 4500	85
	Mayor que 4500	83
244 (8)	Menor igual que 4500	97
	Mayor que 4500	93
244 HO (8)	Menor igual que 4500	92
	Mayor que 4500	88

De acuerdo con NOM-028-ENER-2017, (2018) “en la tabla 2.6 se indica la eficacia luminosa mínima establecida con los parámetros de un diámetro mayor a 15 mm y menor 25 mm.”

**Tabla 2.6 “Eficiencia mínima para lámparas fluorescentes” (NOM-028-ENER-2017, 2018.)**

*Valores de eficiencia mínima para lámparas fluorescentes de diámetro mayor a 15 mm y menor a 25mm.*

Longitud nominal cm (pies)	Temperatura de calor correlacionada (K)	Eficacia luminosa mínima (lm/W)
56 (2)	Menor igual que 4500	81
	Mayor que 4500	74
56 HO (2)	Menor igual que 4500	76
	Mayor que 4500	73
86 (3)	Menor igual que 4500	87
	Mayor que 4500	82
86 HO (3)	Menor igual que 4500	88
	Mayor que 4500	82
116 (4)	Menor igual que 4500	90
	Mayor que 4500	83
116 HO (4)	Menor igual que 4500	82
	Mayor que 4500	78
146 (5)	Menor igual que 4500	89
	Mayor que 4500	82
146 HO (5)	Menor igual que 4500	77
	Mayor que 4500	74

De acuerdo con “NOM-028-ENER-2017, (2018)” en la tabla 2.7 se indica la eficacia mínima establecida para las lámparas de descarga, luz mixta y vapor mercurio.

Tabla 2.7 “Eficacia mínima en lámparas de descarga, luz mixta y vapor de sodio” (NOM-028-ENER-2017, 2018,)

Tipo de lampara	Intervalo de potencia eléctrica (W)	Eficacia luminosa mínima (lm/W)
Luz mixta	--	60
Vapor de mercurio	--	60
Aditivos metálicos de cuarzo	Menor que 175	60
Aditivos metálicos de cuarzo	Mayor o igual que 175	65
Aditivos metálicos cerámicos	--	70
Vapor de sodio alta presión	Menor o igual que 100	75
Vapor de sodio alta presión	Mayor que 100	90

## 2.2 Norma Oficial Mexicana

Son aquellas especificaciones técnicas o procesos para regular un producto o servicios que se ponen a disposición del público que se quiera distribuir en el territorio nacional. Estas normas dan una certificación de que el producto es confiable ya que con esto se poder tener una mejor confiabilidad sin sufrir riesgos para nuestra salud.

Estas normas son diseñadas con dependencias como SENER y STPS junto son sus comités. Las cuales para laboratorios se toman principalmente áreas de uso general y las de uso exterior.

### **2.2.1 Uso general**

NOM-028-ENER-2017: Es aplicable a lámparas de uso general sector residencial, comercial e industrial y aplica en las lámparas importadas o fabricadas en el territorio nacional las cuales son: incandescentes, incandescentes halógenas, fluorescentes lineales, luz mixta y descarga de alta intensidad.

Para la aplicación de esta norma se requiere un laboratorio de pruebas que contenga los siguientes equipos necesarios para realizar las pruebas los cuales son:

Fuente de alimentación: la distorsión armónica no exceda el 3% de sus componentes armónicas considerando hasta la 49 armónica.

Fotómetro: con aditamentos para poder ver ángulos entre detector y eje de la lámpara, observado en figura 2.4



Figura 2.4 fotómetro para realizar pruebas a luminarios (<https://www.xatakafoto.com>)



Figura 2.5 esfera integrado para realizar pruebas fotométricas (<http://electricidad.ec/esfera-integradora/>)

NOM-030-ENER-2016. Es aplicable a lámparas led omnidireccionales y direccionales que están para áreas de usos general para tensiones de 100 a 277 V de corriente alterna, y una frecuencia de 50 o 60 Hz.

Los equipos de medición: deben de ser capaces de medir el valor eficaz verdadero además de calibrarse a un 95% y un índice de cobertura de  $k=2$ . Wáttmetro la exactitud debe de ser  $\leq 0.75\%$ . Vóltmetro y Ampérmetero la exactitud debe de ser  $\leq 0.5\%$ . Lámpara de referencia: debe de estar previamente calibrado donde se indique el flujo luminoso. Esfera integración: su reflectancia en paredes debe ser mayor o igual a un 80% para que se puedan montar las lámparas. Los soportes que se utilicen para sostener la lámpara deben de ser de un material de baja conductividad térmica y además que no perturben al flujo del aire.

Espectro radiómetro: su intervalo debe de estar entre los 380 nm y 720 nm y su resolución por lo menos de 5 nm. Gonio-fotómetro: los pasos angulares deben ser mayor a  $0.5^\circ$  y la desviación de la responsabilidad espectral relativa no exceda del 10 %.

Condiciones ambientales: para realizarse las pruebas fotométricas, radiométricas y eléctricas de lámparas led, se debe de realizar en un espacio sin corrientes de aire

y una iluminación sin reflexiones. Se debe estar a una temperatura de  $25^{\circ} \pm 1^{\circ}$  y con una humedad del 65% como máximo.

Para la prueba de mantenimiento de envejecimiento de la lámpara se requiere un cuarto a una temperatura no mayor de  $45^{\circ}\text{C}$ . Prueba de ciclos de choque térmico se requiere de 2 gabinetes uno el cual debe de cumplir que su temperatura mínima sea de  $-10^{\circ}\text{C}$  y otro gabinete donde la temperatura sea de  $+50^{\circ}\text{C}$ .

Generador de onda sinusoidal amortiguada: la salida debe estar galvánicamente aislada, la frecuencia de oscilación debe de ser de  $100\text{ kHz} \pm 10\%$ , la tensión de salida ajustable de  $250\text{ V}$  a  $4.0\text{ kV} \pm 10\%$  Osciloscopio: digital por lo menos  $20\text{ MHz}$ , puntas para medir alta tensión.

Cronometro: la capacidad de registro mayor de 30 minutos y una resolución de 1 segundo.

Para la prueba sobretensiones transitorias se requiere una mesa aislante de 80 cm de alto. El plano de tierra es de cobre o aluminio con .25 mm de grosor si es otro metal que sea mínimo 0.65 mm de grosor esta debe ser conectada al sistema de tierras. Además, sobre esta se instala un aislante de 10 cm de alto para colocar las pruebas.

Los cuartos donde se realizan las pruebas deben estar pintadas de color negro opaco o tela negra mate. Para el cuarto fotométrico.

### **2.2.2 Uso exterior**

NOM\_031\_ENER\_2019” Es aplicable a luminarias con alimentación eléctrica del servicio público y también de más fuentes de energía en CC y CA.

Fuente de alimentación: la tensión y corriente alterna debe tener la regulación  $\pm 0.2$  % bajo carga y la de corriente de continua sin rizado debe tener una regulación del  $\pm 2$  % bajo carga.

Los instrumentos de medición: Voltmetro, Ampermetro, Wátmetro, fotómetro, radiómetro, lámpara de referencia, sensor óptico, espectro radiométrico, esfera integradora, Gonio-fotométrico.

Las condiciones del cuarto son las mismas que para la NOM\_030 para realizar las pruebas.

El estante para pruebas está diseñado con mínima cantidad de elementos y ceder espacio en cada muestra y los mismos instrumentos que se requiere para el choque térmico. Ciclo de operación se realiza con un timer.

# **CAPÍTULO 3.**

## **ESTUDIO TÉCNICO**

### **3. PROPUESTA DE DISEÑO DEL LABORATORIO DE ALUMBRADO Y FOTOMETRÍA**

El siguiente diseño de laboratorio de pruebas para luminarios es laborado conforme a la normativa vigente y las áreas principales que la conforman además de un área nueva la cual es una sala de exposición para poder realizar exhibiciones y ver la aplicación de las luminarias, así como su manipulación. También contará con un salón de clases la cual servirá para poder tener acceso después de la teoría con mayor facilidad a lo visto en clases.

#### **3.1 Espacio del Laboratorio**

La propuesta de diseño del laboratorio se realizó sin contar la superficie con la que cuenta los laboratorios de pesados 2 actualmente, con lo cual se propone una superficie ideal para que se puedan realizar las diferentes practicas propuestas en el laboratorio.

La dimensión del área laboratorio de pruebas es de 18 m de largo, 13 m de ancho y 6 m de altura en el cual se ubicarán las diferentes áreas propuestas las cuales se pueden observar en la figura 3.1.

- Almacén
- Esfera integradora
- Pruebas eléctricas
- Prueba de ciclo de operación
- Salón de clases
- Sala de exposición
- Espectro radiómetro
- Prueba de envejecimiento
- Prueba de vibración
- Prueba de lluvia

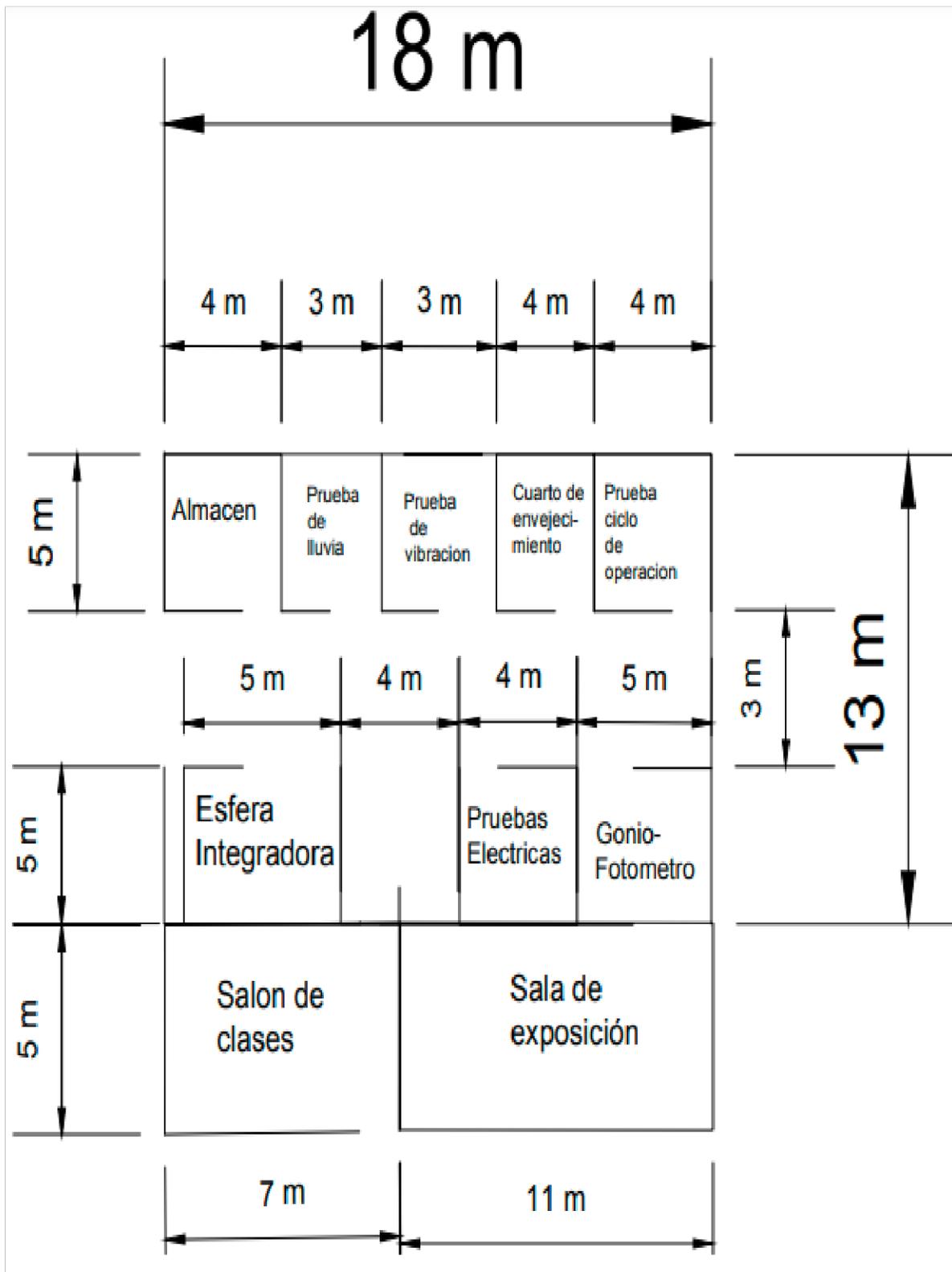


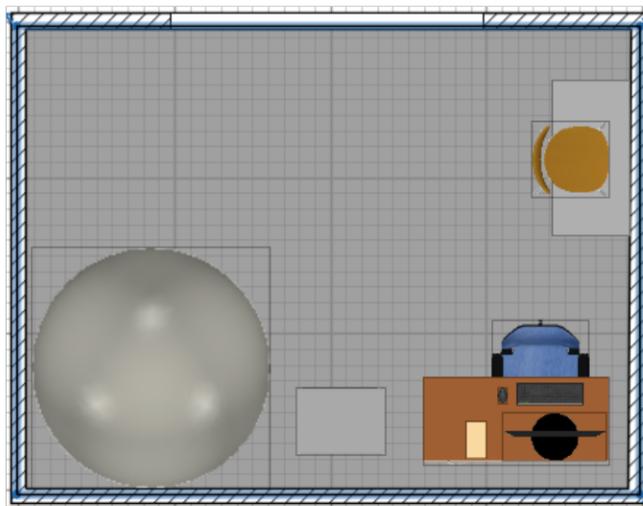
Figura 3.1. Plano de laboratorio de iluminación. AUTOCAD Ver.2018.

Se realiza el modelado en el programa Sweet Home 3D, para realizar una distribución de cada una de las áreas de las cuales contara el laboratorio de iluminación.

### **3.1.1 Área de esfera integradora**

Esta área está constituida por una esfera integradora de Ulbricht, que puede configurarse para su análisis en dos opciones:  $2\pi$  o  $4\pi$ , según la norma. Este dispositivo puede medir el flujo luminoso, temperatura de color, índice de reproducción cromática y coordenadas cromáticas.

Los diferentes tipos de luminarias no requiere ninguna especificación técnica de ambiente solamente que no ingrese iluminación natural al realizar las pruebas al área solo contará con la esfera integradora su módulo de control y una computadora con su respectivo escritorio para tomar notas la altura va hacer de 4 m de cada pared y para su ingreso será una puerta corrediza de 2 metros de ancho por 2.5 m de alto.



**Figura 3.2 Modelado de área de esfera integradora vista en área de diseño. Sweet Home 3D Ver.2018.**

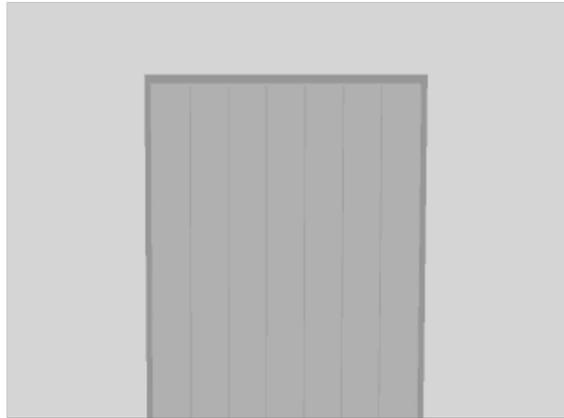


Figura 3.3 Vista frontal del área de la esfera integradora. Sweet Home 3D Ver.2018.



Figura 3.4 Vista interna del área de la esfera integradora. Sweet Home 3D Ver.2018.

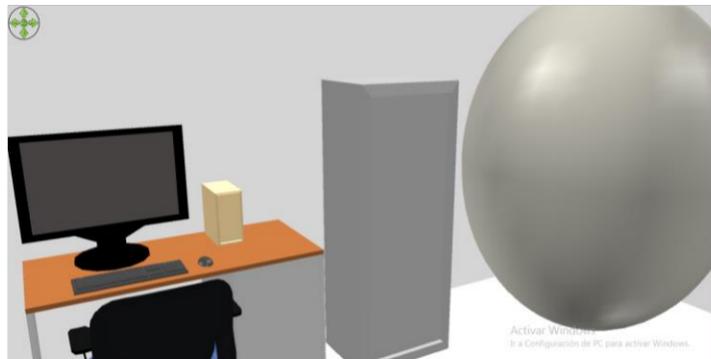


Figura 3.5 Vista interna de esfera integradora. Sweet Home 3D Ver.2018.

### **3.1.2 Área de pruebas eléctricas**

Esta área se encargará de realizar las pruebas a todos los luminarios que se sometan a verificación de tensión, corriente, falla a tierra así como la prueba de choque térmico donde se revisara que la luminaria soporte cambios bruscos de temperatura y que se mantenga operando, además de no sufrir daños en la luminaria.

Contará un dispositivo particular que realiza la prueba de RoHS, que en otras palabras es el proceso para verificar la cantidad de algunos elementos químicos como mercurio, plomo, cadmio, cromo, etc., que están prohibidos en el ensamble de luminarios. Se realizan pruebas de sobre carga, se determina si los cables son del diámetro correcto, se verifica que los aislamientos sean adecuados, además de corroborarse que el torque de los tornillos esté bien ajustado y que las cuerdas no se barran. (Ing. Luis Carachure 2021)

Contará esta área con soportes con mesas aterrizadas a tierra y aisladas para realizar pruebas eléctricas además para tomar las lecturas deberá contar con aire acondicionado para mantener una temperatura ambiente estable de 25°C

Para la prueba de choque eléctrico se requiere un horno y un congelador con las condiciones mencionadas en la norma de pruebas a luminarias.

Se colocan los luminarios apagados dentro de un congelador que mantiene una temperatura de menos 10 grados Celsius durante una hora. Al extraerse del frío, inmediatamente se lleva a un horno que opera a más 50 grados Celsius durante el mismo tiempo. Las fuentes de luz deben pasar por este proceso 10 ciclos, es decir, cinco fríos y cinco calientes. (Ing. Luis Carachure 2021)

Esta área contará con altura de pared de 3 m y una puerta corrediza de 1.5 m de ancho por 2.5 m de alto.

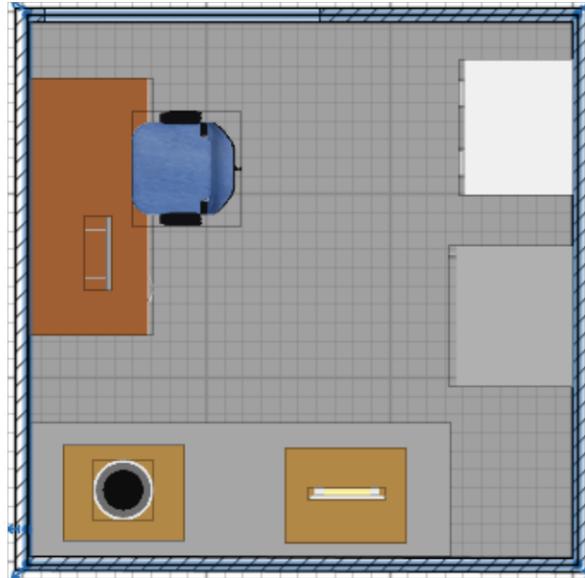


Figura 3.6 Vista de área de pruebas eléctricas en espacio de diseño. Sweet Home 3D Ver.2018.

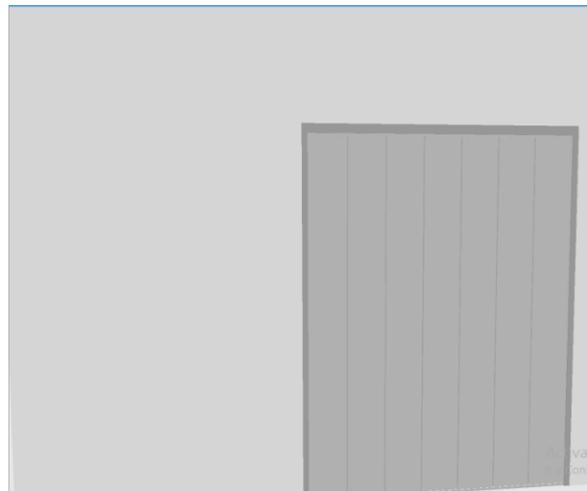


Figura 3.7 Vista posterior de área de pruebas eléctricas. Sweet Home 3D Ver.2018.



Figura 3.8 Vista interna área de choque térmico y mesas de pruebas eléctricas. Sweet Home 3D Ver.2018.



Figura 3.9 Vista interna en área de pruebas a luminarios. Sweet Home 3D Ver.2018.

### 3.1.3 Área de Gonio fotómetro

Esta área solo tendrá el gonio fotómetro el color de paredes será negro mate para no influir ninguna iluminación exterior también debe de mantener una temperatura estable de 25°C contará con un aire acondicionado para mantener esta temperatura y para el acceso tendrá una puerta corrediza de 1.5 m de ancho con 2 m de altura y la altura de las paredes de 4 m.

El fotogoniómetro de tipo clase C, con fotocelda de responsividad espectral a la curva CIE, con espejo móvil que gira de 0 a 180° verticales y un cabezal de 0 a 360° horizontales. Este dispositivo sirve para obtener las curvas fotométricas y archivo IES, que es utilizado para hacer diseño de iluminación al colocarse en un software donde se moldean los proyectos lumínicos.

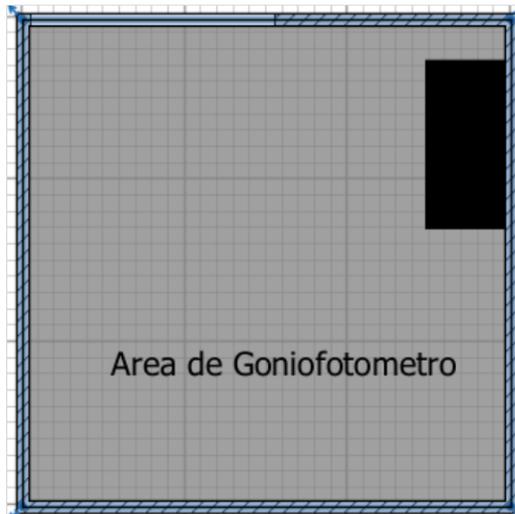


Figura 3.10 Vista del área del gonio fotómetro en espacio de diseño. Sweet Home 3D Ver.2018.

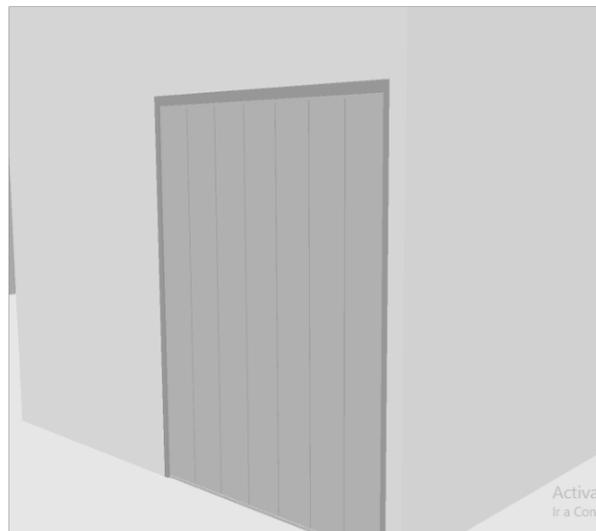


Figura 3.11 Vista posterior de la entrada al área del gonio fotómetro. Sweet Home 3D Ver.2018.

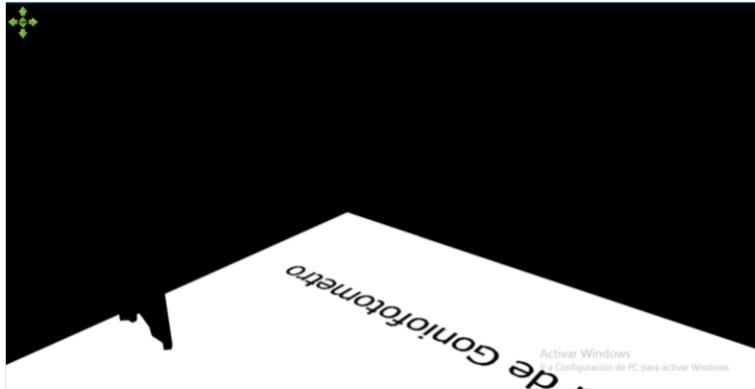


Figura 3.12 Vista interna del área donde se encontrara gonio fotómetro. Sweet Home 3D Ver.2018.

### 3.1.4 Área de almacén

Es un área donde se tendrá todos los recursos y equipos necesarios para la utilización en las diferentes áreas de todo el laboratorio así como equipos de medición, lámparas para realizar pruebas, refacciones entre otras, contara con una venta de recepción tendrá además estantes y lugar de encargado de almacena si como los estantes donde se colocaran todos los equipos y componentes además de contar con una puerta de abertura hacia dentro de 1.5 m de ancho por 2 m de alto con una altura de paredes de 3 metros.

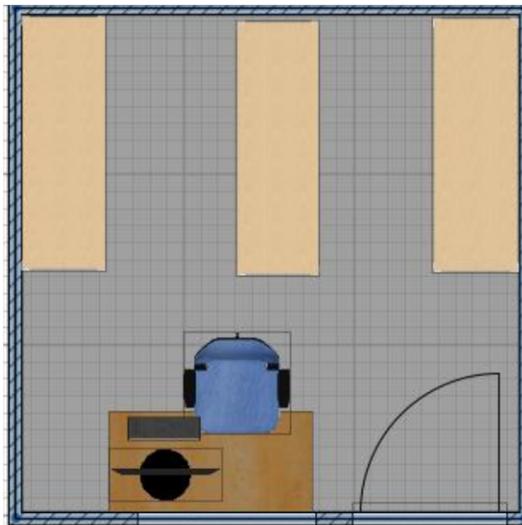


Figura 3.13 Vista de almacén en espacio de diseño. Sweet Home 3D Ver.2018.

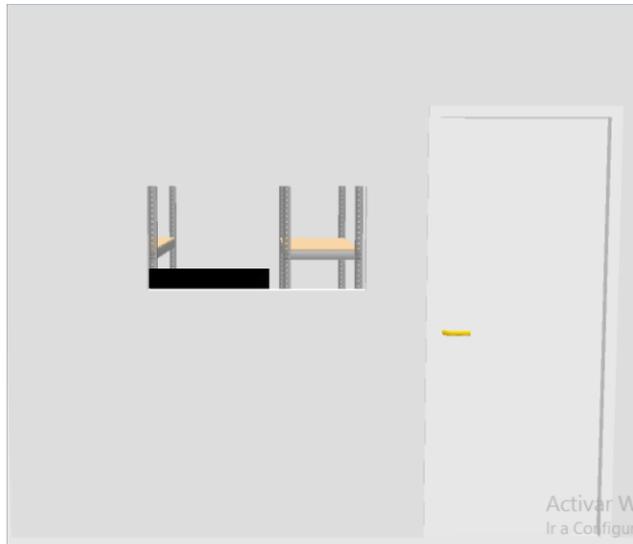


Figura 3.14 Vista posterior de almacén. Sweet Home 3D Ver.2018.



Figura 3.15 Vista interna de almacén. Sweet Home 3D Ver.2018.

### ***3.1.5 Área de prueba de lluvia***

Esta área consta de una base donde se colocará las luminarias que se someterán a prueba de lluvia y simulara lanzar agua a diferentes presiones simulando que la luminaria está en el intemperie y soporte sin dañarse o filtrarse el agua contara de una puerta de fondo de cristal donde se pueda apreciar la muestra sometida al agua

Los luminarios son expuestos a chorros de agua con una presión de 35 (kPa) medidos por medio de manómetros. Son cuatro horas de prueba que consiste en dejar cierto tiempo encendido y apagado el luminario: primero es una hora prendida sin lluvia, después media hora apagado con lluvia, luego dos horas encendido con lluvia y por último 30 minutos apagado con lluvia.

Además de un área de observación de la prueba, la entrada al área será con una puerta de abertura hacia dentro de 1.5 m de ancho y 2 m de alto con una altura pared de 3 m.

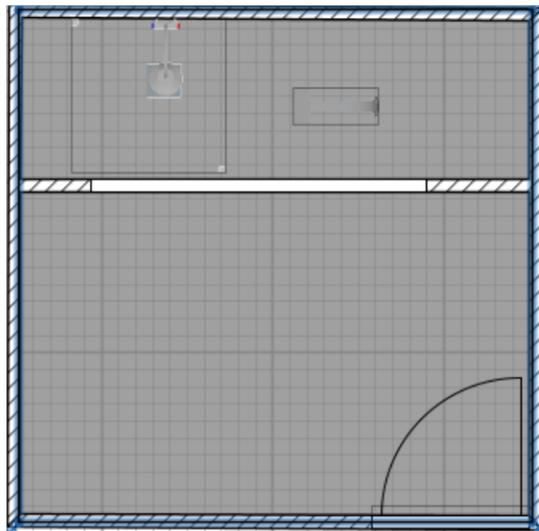


Figura 3.16 Vista de área de prueba de lluvia en espacio de diseño. Sweet Home 3D Ver.2018.

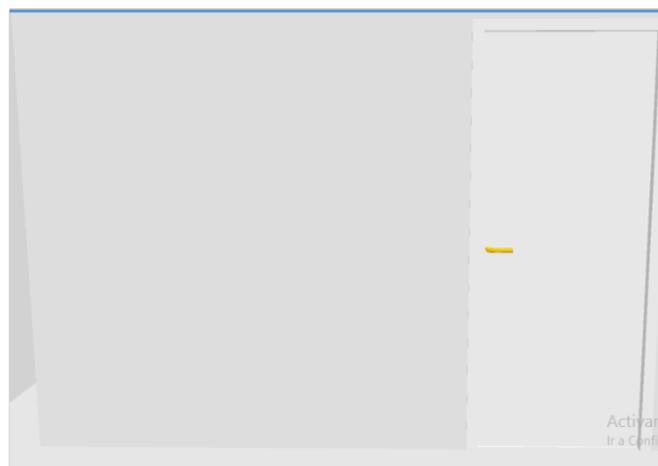


Figura 3.17 Vista posterior de área de prueba de lluvia. Sweet Home 3D Ver.2018.

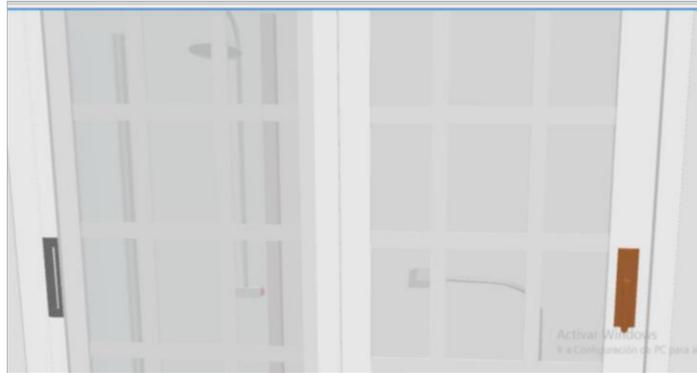


Figura 3.18 Vista interna en zona de observación de muestra. Sweet Home 3D Ver.2018.

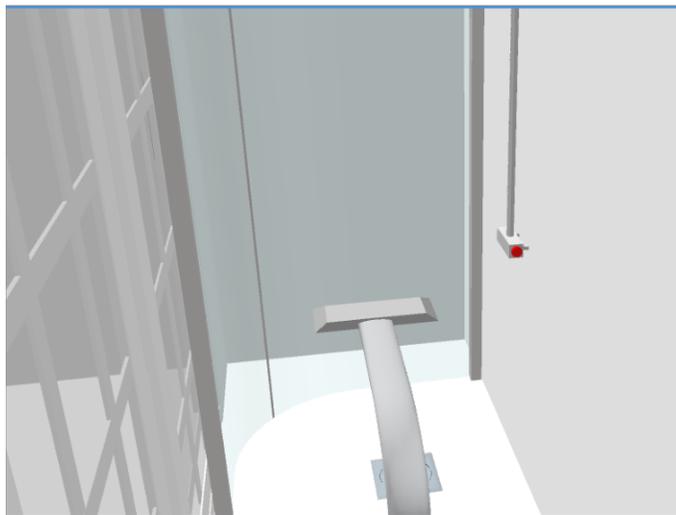


Figura 3.19 Vista en área de prueba de lluvia. Sweet Home 3D Ver.2018.

### ***3.1.6 Área de prueba de vibración***

En esta área solo contara con 2 mesas de vibración donde se colocarán las lámparas a someter a prueba para que se observe si es que todos los componentes al movimiento se mantienen o se mueven de su lugar se checa la fijación de todos los componentes para su acceso al área se tendrá una puerta de acceso de apertura hacia dentro de 1.5 m de ancho y 2 m de alto y una altura de cada pared de 3 m.

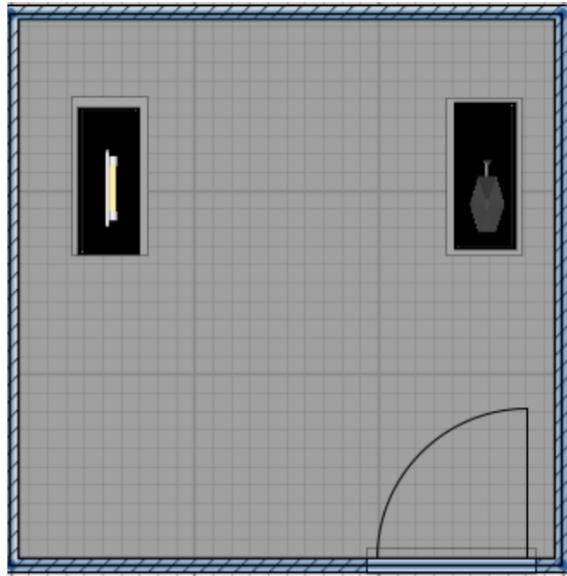


Figura 3.20 Vista de prueba de vibración en espacio de diseño. Sweet Home 3D Ver.2018.

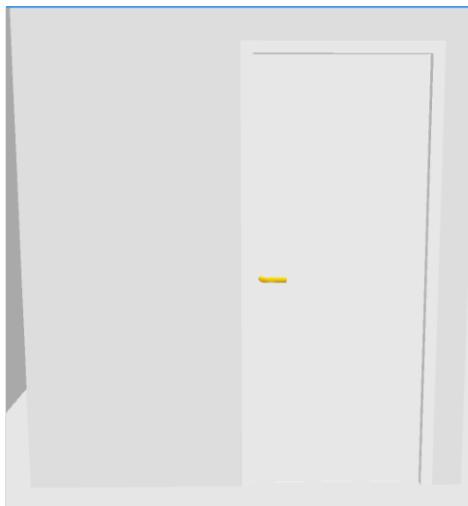


Figura 3.21 Vista parte posterior de la entrada de prueba de vibración. Sweet Home 3D Ver.2018.

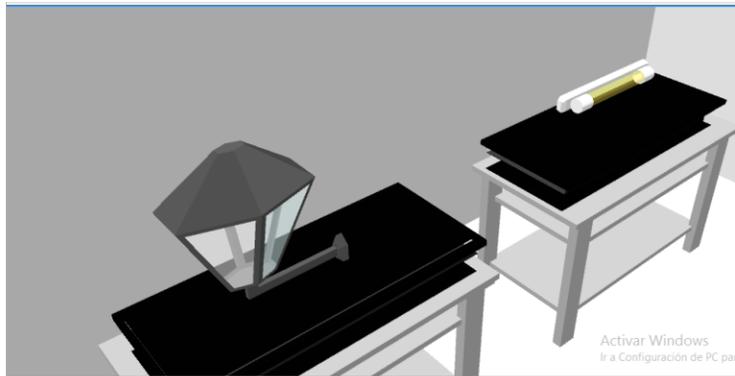


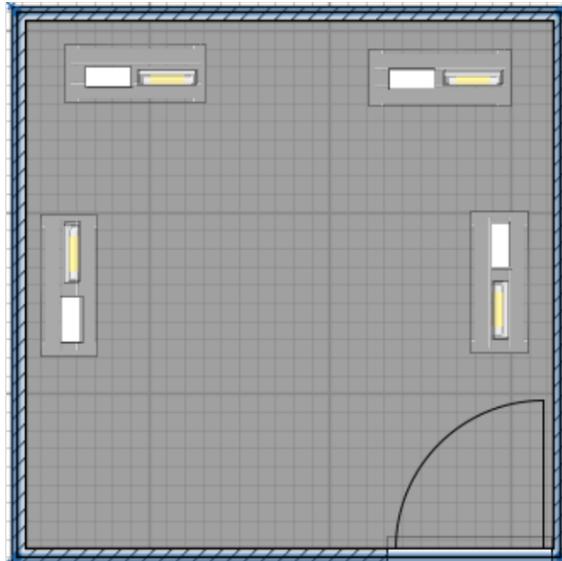
Figura 3.22 Vista interna de las mesas de vibración. Sweet Home 3D Ver.2018.

### 3.1.7 Prueba de ciclo de operación

En esta área constara de estantes con timer para las luminarias y puedan hacer ciclos de encendido y apagado de acuerdo con las normas de pruebas a luminarias.

Los luminarios pasan ocho meses en esta zona: primero, la fuente de luz se ingresa a la esfera integradora y se realizan mediciones, luego se trae a esta área por mil horas y se evalúa nuevamente en la esfera integradora de Ulbricht para saber si hubo una disminución en su flujo lumínico. Este proceso se hace paulatinamente y se revisan parámetros. Ahí también se pueden hacer ciclos de conmutación, en los que los luminarios se encienden durante 30 segundos y luego se apagan por el mismo tiempo. (Federico Garcia 2018)

De preferencia tener aire acondicionado ya que se suele calentar el lugar por las luminarias contara con una puerta de apertura hacia dentro para el acceso de 1.5 m de ancho por 2 m de alto, y la altura de las paredes de 3 m.



**Figura 3.23** Vista de prueba de ciclo de operación en espacio de diseño. Sweet Home 3D Ver.2018.



**Figura 3.24** Vista posterior de acceso a prueba de ciclo de operación. Sweet Home 3D Ver.2018.

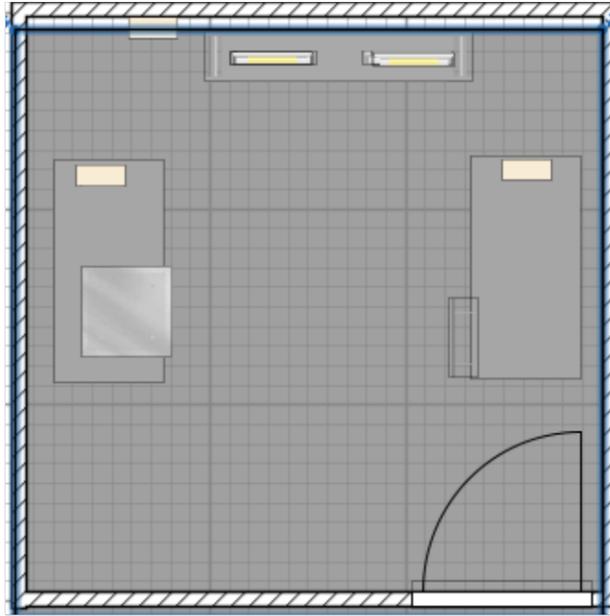


Figura 3.25 Vista interna de zona de ciclo de operación de luminarias. Sweet Home 3D  
Ver.2018.

### **3.1.8 Área de envejecimiento de luminarias**

Esta área es la más caliente debido a que se mantendrán las luminarias encendidas todo el tiempo para completar un ciclo de envejecimiento de las luminarias que se requiere para algunas pruebas y checar su funcionamiento y periodo de vida. Las luminarias deben someterse seis mil horas de prueba.

Además, no se debe de mover la temperatura a la que estén debe de mantener una temperatura no mayor a 50°C para el acceso una puerta de apertura hacia dentro de 1.5 m de ancho y 2 m de alto y una altura de pared de 3 m.



**Figura 3.26** Vista de prueba de en vejecimiento en espacio de diseño. Sweet Home 3D Ver.2018.



**Figura 3.27** Vista posterior acceso a prueba de en vejecimiento. Sweet Home 3D Ver.2018.



Figura 3.28 Vista interna de estantes de en vejecimiento. Sweet Home 3D Ver.2018.

### 3.2 Área de salón de clases

En esta área es un salón para poder realizar las clases de iluminación toda teoría constara de un pizarrón y butacas para los alumnos ya que se puede llegar a solicitar de revisión de equipos o luminarias en área de salón las mesas son diseñadas para 2 alumnos amplias el salón diseñado para 30 alumnos los cuales están distribuidos además solo contara con 2 ventanas amplias para el acceso de luz natural y contara con 2 puertas de acceso, la primera será para ingresar a la zona de área de pruebas la cual tendrá las dimensiones de 1.5 m de ancho y 2 m de alto, de apertura hacia fuera y la segunda puerta de acceso será solo para el ingreso al salón de clases la cual tendrá las dimensiones de 1.5 m de ancho y 2 m de alto de apertura hacia dentro y la altura de las paredes de 3 metros.

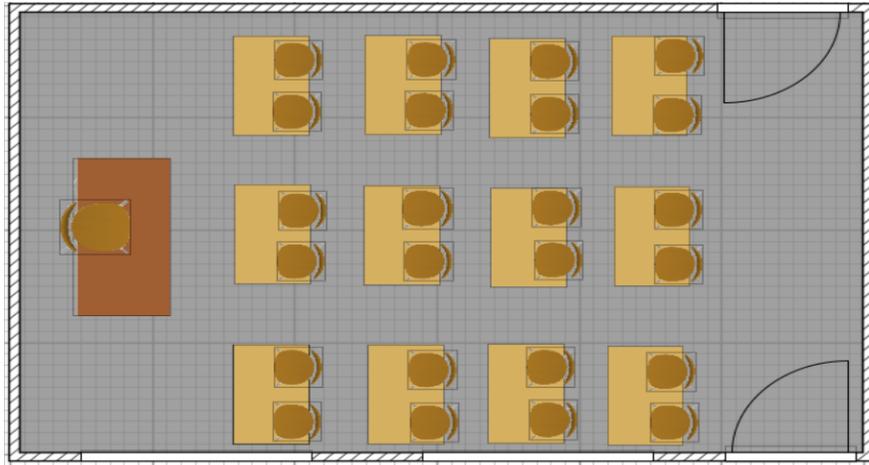


Figura 3.29 Vista de salón de clases en espacio de diseño. Sweet Home 3D Ver.2018.



Figura 3.30 Vista interna de salón de clases. Sweet Home 3D Ver.2018.

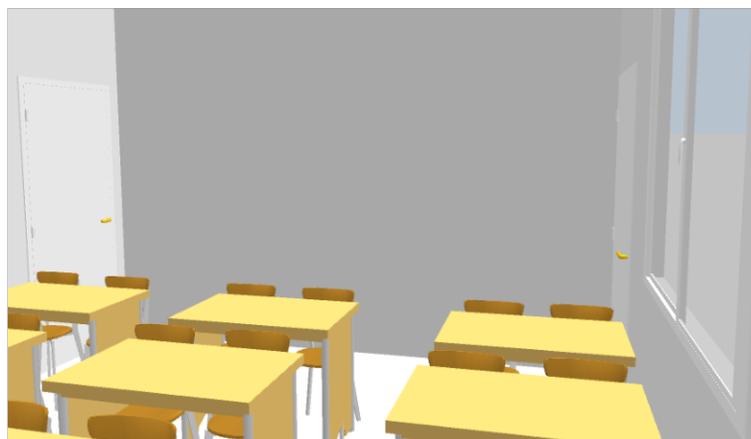


Figura 3.31 Vista interna de salón de clases de parte de accesos. Sweet Home 3D Ver.2018.

### 3.3 Área de sala de exposición

El área de sala de exposición está diseñada para poder mostrar una serie de lámparas de acuerdo con posición, diseño y aplicación se busca tener lámparas de todo tipo colgantes, tipo poste, para plafón entre otras. Es un área de exposición y presentación el cual contara con una mesa principal donde se podrá mostrar las muestras de luminarias hacia los espectadores y contara con mesas las cuales tendrán muestras de algunas luminarias y una zona de exhibidores donde se mostrarán parte de la gama de luminarias y su funcionamiento para poder manipularlas. Para el ingreso de esta área solamente será por la zona de pruebas con una puerta de 1.5m de ancho por 2 m de alto apertura hacia dentro y la altura de pared de 4 metros.

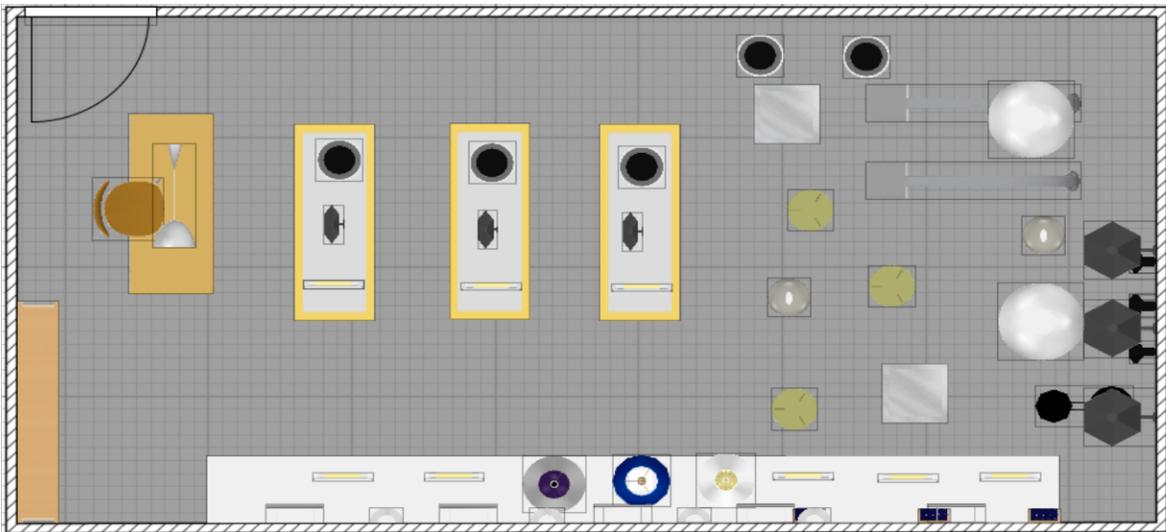
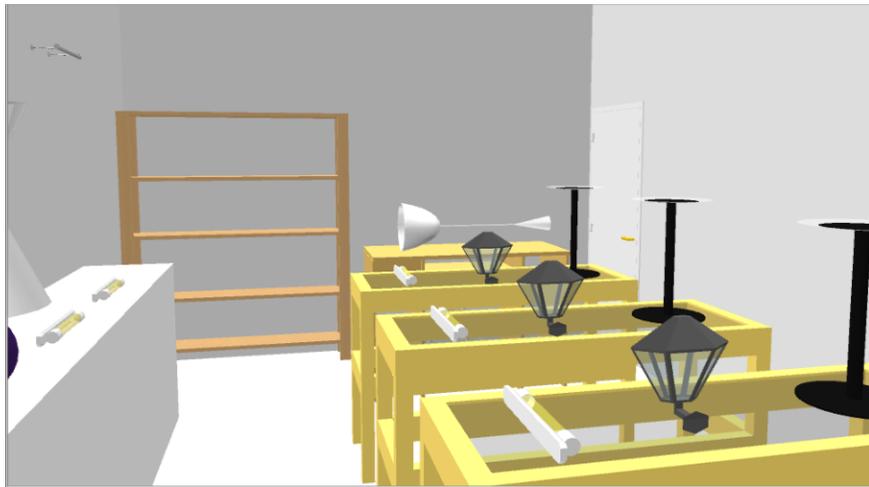


Figura 3.32 Vista sala de exposición en espacio de diseño. Sweet Home 3D Ver.2018.



**Figura 3.33** Vista de sala de exposición de área de espectadores y exhibición de luminarias.  
Sweet Home 3D Ver.2018.



**Figura 3.34** Vista de sala de exposición de área de muestras y entrada. Sweet Home 3D  
Ver.2018.

# **CAPÍTULO 4.**

## **ESTUDIO ECONÓMICO**

## 4. ESTUDIO ECONÓMICO

Este estudio es realizado con los precios en el mercado actual de este año que pueden a llegar a varias por fabricante o constructora, demanda o alza de precios.

### 4.1 Costos de construcción

La constructora IRIVERA S.A de CV. Fundada en 1984, constructora de naves industriales, bodegas, plazas comerciales, oficinas ejecutivas y casas residenciales, dejando un precedente de impecables ejecuciones y clientes satisfechos a lo largo de estos 35 años de experiencia en el sector industrial, comercial y residencial.

Nos proporciona un precio estimado por metro cuadrado de \$5,500.00 MXN nos incluye todo el proyecto como cálculos y construcción, pero el precio puede llegar a varias debido si es necesario tramitar permisos y el estado donde se vaya a realizar.

Entonces tomando en cuenta la superficie de construcción en metros cuadrados de la figura 3.1 sería en tota un área de 324 y el costo total con el precio proporcionado sería de \$1,782,00.00 MXN.

### 4.2 Costos de Equipos

Estos equipos los conforman los equipos de medición que se requieren para realizar mediciones en los diferentes laboratorios además como equipo auxiliar como motores y fuentes que se requieren para desempeñar cada área las mediciones correspondientes.

#### 4.2.1 Esferas integradora

Esta esfera es cotizada con la marca INVENTFINE la garantía que ofrece es de año y medio es de China, Zhejiang, de un diámetro de 2 m, color azul todo el sistema que nos ofrece al adquirir la esfera es:

- Esfera de integración 2 m pero también pueden hacer de 3 o mas
- Espectroradiómetro CMS-2S o CMS-3000S
- Lámpara estándar 6V10W, 24V50W o 24V100W
- Medidor de potencia digital Serie WT
- Gabinete estándar de 19 pulgadas
- Cable de fibra óptica
- Fuente de alimentación de CC
- Fuente de alimentación de CA

El costo de todo sería más gastos de envío es de \$405,340.63 MNX

#### **4.2.2 Gonio fotómetro**

La cotización se obtuvo por LISUN da una garantía de 2 años tiene una certificación de ISO9001, CE, CIE. Es el modelo LSG-6000 de origen Shanghai, China. Con rotación lumínica observada en la figura 4.1.



**Figura 4.1 Equipo gonio fotómetro ofrecido (LISUN, 2021)**

El costo del equipo sería con todo y envío es de \$968,529.42 MNX

### 4.2.3 Multímetro

Se toma la decisión por adquirir ya que se requiere multímetros de precisión para las mediciones sería uno de marca BK precisión el modelo 2709B los cuales tendrían un costo cada uno de \$1,669.23 MNX como se observa en la figura 4.2 se recomienda 15 piezas adquirir

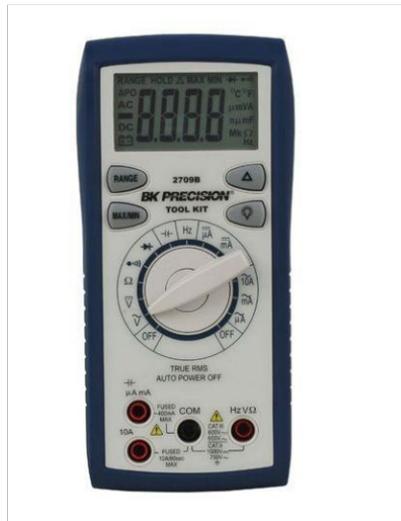


Figura 4.2 Multímetro 2709B (BK precisión, 2021)

### 4.2.4 Wáttmetro

Se cotizan wáttmetros analógicos de marca Midland de modelo KW520, con una potencia mínima de 5W hasta 400W permite realizar medidas de potencia pico o rms con 4 escalas de potencia con un costo \$4,990 MNX se piensan adquirir 7 equipos.

### 4.2.5 Bomba de agua

Para realizar la prueba de lluvia se requiere tener una bomba para mandar el agua se cotiza bomba de agua marca Munich, opera con una potencia de ½ hp y tensión de 120 V esta cuenta con un control de presión y además el flujo máximo de 40 l/min. Se tiene un costo de \$2399.00 MNX

#### **4.2.6 Horno**

Este horno requiere condiciones para que máximo llegue a 50 °C el cual se cotizo el de la marca Kenton modelo kh100as. La temperatura máxima que alcanza es de 250°C de largo tiene 50 cm de altura 100 cm y de ancho 60 cm es para aplicación industrial es de 220 V de 4-6 kW y el costo que tendría sería de \$93,700.00 MNX

#### **4.2.7 Congelador**

Se cotiza un congelador marca Asber de 17 pies de 1 puerta para uso industrial visor digital llegando a una temperatura de -18 a -22 °C de 127 V y una corriente de 8.5 A el costo con todo y envió es de \$40,999.00MNX

#### **4.2.8 Vibradores**

Se cotiza un vibrador tipo DZJX de origen de china, Henan. Con un voltaje de 220 está hecho a pedido con una frecuencia de 183-3000 Hz, tiene un año de garantía la amplitud de vibración es de 2-5 mm de material de acero inoxidable para aplicación industrial. Este tiene un costo de \$18,773.68 MNX cada vibrador ya con gastos de envió.

#### **4.2.9 Timer**

Se cotiza un timer de tipo ciclo infinito con pantalla digital On-Off de marca UNIT ELECTRONICS de tensión de 110 V y 220 V para una corriente nominal 10 A con un tiempo mínimo de 0 y un tiempo máxima 166.65 horas. Tienen un costo cada uno de \$263.52 MNX

#### **4.2.10 Fuentes de alimentación**

Para las áreas de pruebas eléctricas se requiere fuentes variables de alimentación tanto de corriente directa como de corriente alterna.

- Fuente de corriente alterna de modelo TDGC2-2KVA la tensión de entrada es de 220 V el rango de salida es de 0 a 220 V corriente de salida nominal 8 Ampers con un costo de \$3,945.48 MNX.
- Fuente de corriente continua de marca Napui modelo PD9605 la tensión de salida es de 0-36 Vcc y 10 A con alimentación de 127 V con un costo \$3,626.74 MNX.

#### **4.2.11 Osciloscopio**

El osciloscopio se cotizo de marca Hantek modelo DSO5202P para uso de laboratorio tiene 2 canales, ancho de banda 200 MHZ, la frecuencia con 1 GB/s y conectividad en USB con un costo de \$10,990.00 MNX.

### **4.3 Mobiliario**

En esta cotización incluye las mesas, sillas y estantes que se requieren para cada área.

#### **4.3.1 Sillas**

Se cotizaron las sillas para las diferentes áreas tanto para el salón de clases, así como las sillas para las diferentes áreas.

- Silla tipo ejecutiva de altura ajustable costo \$1,209.00
- Silla para uso de salón y para profesores de visita allegro son brazos en tela color negro costo: \$739.00 MNX

### **4.3.2 Mesas**

Se cotizan las mesas para utilizar en las diferentes áreas las cuales se requieren para desempeñar los trabajos.

- Para profesores rectangular de melanina costo de \$957.00 MNX
- Para alumnos escritorio de melanina de acabado blanco con un costo de \$ 769.00 MNX
- Mesa para exhibidores para show room con niveles de \$2,744.00 MNX

### **4.3.3 Estantes**

Estos estantes se requieren de 2 tipos de madera para algunas áreas y metálicas.

- Estantes metálicas con un costo de \$2,429.00 MNX
- Estantes madera para carga pesada con un costo de \$3,779.00 MNX

## **4.4 Tabla de costos**

La siguiente tabla resume todo los costos y el posible costo del mobiliario que se utilizara en el desarrollo del laboratorio de pruebas como se puede ver en la tabla 4.1 teniendo como costo total de \$3,542,085.76 MNX.

Tabla 4.1 costos de lo requerido en laboratorio

Tabla de costos obtenidos en moneda NMX.

Concepto	Precio por $m^2$	Cantidad total $m^2$	Costo total
Construcción	\$ 5,500.00	324	\$1,782,000.00
Equipos	Precio por unidad más IVA	Cantidad total	Costo total
Esfera integradora	\$405,340.63	1	\$405,340.63
Gonio fotómetro	\$968,529.42	1	\$968,529.42
Multímetros	\$1,669.23	15	\$25,038.45
Wáttmetro	\$4,990.00	7	\$34,930.00
Bomba de agua	\$2,399.00	1	\$2,399.00
Horno	\$93,700.00	1	\$93,700.00
Fuente de CC	\$3,626.74	5	\$18,133.70
fuentes de CA	\$3,945.48	5	\$19,727.40
vibradores	\$18,773.68	2	\$37,547.36
Analizador XRF	\$6,400.00	1	\$6,400.00
Timer	\$263.52	15	\$3,952.80
Congelador	\$40,999.00	1	\$40,999.00
Mobiliario	Precio por unidad	Cantidad total	Costo total
Sillas alumnos	\$739.00	30	\$22,170.00
Sillas en diferentes áreas	\$1,209.00	17	\$20,553.00
Mesas para alumnos	\$769.00	15	\$11,535.00
Mesas para diferentes áreas	\$957.00	7	\$6,699.00
Mesas para exhibir	\$2,744.00	5	\$13,720.00
Estantes de madera	\$3,799.00	5	\$18,995.00
Estantes de metal	\$2,429.00	4	\$9,716.00
<b>Total de costo</b>			<b>\$3,542,085.76</b>

## CONCLUSIONES

Se elaboro la propuesta de laboratorio de alumbrado y fotometría en cual cumple con las normas vigentes de iluminación con tecnología led: NOM-028-ENER-2017, NOM-030-ENER-2016 y NOM-031-ENER-2019 para poder realizar las pruebas a las luminarias. Con la distribución propuesta de las áreas del laboratorio permitirá contribuir en el crecimiento y desarrollo de la formación académica de los alumnos de ingeniería eléctrica. Esto beneficiara a 140 aprendices por año que cursan la materia adicionalmente a 20 aprendices que desarrollan proyectos de investigación para la industria y proyectos de ingeniería.

El diseño de las instalaciones se realizó con base en la normatividad vigente antes mencionada NMX-EC-17025-IMNC-2018 el cual está conformado por diferentes áreas que tienen las características necesarias para poder realizar las pruebas a los luminarios.

Se selecciono equipos y mobiliario que cumplen con las características técnicas para realizar las pruebas, además se obtuvo la información de los equipos y mobiliario con costos que serán implementados para cada una de las áreas que integran el laboratorio de iluminación propuesto.

## REFERENCIAS

Norma Oficial Mexicana (NOM-028-ENER-2017), Eficiencia energética de lámparas para uso general. Límites y métodos. Recuperado de <https://www.dof.gob.mx>

Norma Oficial Mexicana (NOM-030-ENER-2016), Eficacia luminosa de lámparas de diodos emisores de luz (led) integradas para iluminación general. límites y métodos de prueba. Recuperado de <https://dof.gob.mx>

Norma Oficial Mexicana (NOM-031-ENER-2019), Eficiencia energética para luminarios con led para iluminación de vialidades y áreas exteriores públicas. Especificaciones y métodos de prueba. Recuperado de [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5612611&fecha=03%2F03%2F2021](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5612611&fecha=03%2F03%2F2021).

Norma Oficial Mexicana (NOM-001-SEDE-2012), Instalaciones eléctricas. Recuperado de <https://dof.gob.mx>

Norma Mexicana (NMX -J-307-ANCE-2004), Luminarios de uso general.

Norma Mexicana IMC (NMX-EC-17025-IMNC-2018), Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración.

Norma Mexicana IMNC (NMX-Z-055-IMNC-2009), Vocabulario internacional de metrología.

Rodríguez Rocha, J. C. y Aguirre Vélez, C. I. (2015). Instalaciones eléctricas: proyectos residenciales e industriales. México. 2da edición, editorial Trillas.

Holopane. (2010). The Fundamentals of Lighting. Recuperado de HL-862-Cover-Lighting-Guide.pdf.

Philips. (2011). Fundamentos sobre la generación de la luz y alumbrado. Recuperado de Basics-of-lighting.pdf.

Torres Aguilar. G, (2009). Laboratorios de prueba para luminarios, Iluminet revista de iluminación. Recuperado de <https://www.iluminet.com>

Secretaria de economía. (2010). Laboratorio de pruebas recuperado de <http://www.2006-2012.economia.gob.mx>

## GLOSARIO

**Mediciones:** “Consiste en obtener experimentalmente valores atribuidos a una magnitud”. (NMX-Z-055-IMNC-2009,2009)

**Exactitud:** “Es la cercanía entre valor medido y valor verdadero del mensurando.” (NMX-Z-055-IMNC-2009,2009)

**Mensurando:** “Lo que se desea medir.” (NMX-Z-055-IMNC-2009,2009)

**Calibración:** “Operación que bajo condiciones determina la relación entre valores asociados obtenidos y patrones de medida.” (NMX-Z-055-IMNC-2009,2009)

**Método:** “Descripción de la secuencia lógica de operaciones utilizadas en una medición.” (NMX-Z-055-IMNC-2009,2009)

**A prueba de lluvia:** “Característica de diseño en la luminaria previene el ingreso de agua bajo condiciones de prueba específicas.” (NOM-001-SEDE-2012,2012)

**Luminaria:** “Equipo de iluminación que suministra luz, está constituida por una o varias lámparas, base, accesorios para operar y proteger.” (Rodríguez Rocha, J. C. y Aguirre Vélez, C. I. ,2015)

**Lampara:** “Fuente luminosa artificial elaborada para crear una radiación óptica.” (NOM-028-ENER-2017,2018)

**Lampara de fluorescente:** “Fuente artificial de luz de descarga eléctrica de vapor de mercurio a baja presión en la que un recubrimiento fluorescente transforma parte de la energía ultravioleta generada por la descarga, en luz visible.” (NOM-028-ENER-2017,2018)

**Lámpara incandescente e incandescente con halógenos de espectro**

**general:** “Fuente artificial de luz cuya distribución espectral no ha sido modificada, en cualquier tipo de bulbo y base. Tales como claro, perlado y blanco.” (NOM-028-ENER-2017,2018)

**Lámpara de vapor de mercurio:**

“Fuente artificial de luz de descarga en alta intensidad en la cual la mayor porción de la luz se produce directa o indirectamente por la radiación del mercurio operando a una presión parcial mayor que  $1,013 \times 10^5$  Pa, este término cubre las lámparas que tienen el bulbo cubierto de fósforo.” (NOM-028-ENER-2017,2018)

**Lámpara de luz mixta:**

“Fuente artificial de luz que contiene en el mismo bulbo una lámpara de vapor de mercurio y una lámpara incandescente de filamento en serie.” (NOM-028-ENER-2017,2018)

**Eficacia luminosa:** “Energía radiante en forma de luz visible al ojo humano.” (NOM-028-ENER-2017,2018)

**Flujo luminoso:** “Cantidad de luz que irradia una fuente de luz por segundo.” (Philips, 2011)

## **NOMENGLATURA**

**NMX:** Norma mexicana

**IMNC:** Instituto Mexicano de Normalización y Certificación

**C.A.:** Corriente alterna.

**C.D.:** Corriente directa.

**$\Omega$ :** Ohms

**Pa:** Pascal

**h:** Hora

**°C:** Grados Celsius

**m:** Metro

**N:** Newton

**lm:** Lumen

**W:** Watts

**V:** Tensión

**Hz:** Hertz

**MNX.** Moneda Nacional Mexicana

**ANCE:** Asociación de Normalización y Certificación