



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

---

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESTUDIO DE TECNOLOGÍAS ALTERNATIVAS PARA LA  
GENERACIÓN DE ENERGÍA E ILUMINACIÓN EN CIUDAD  
UNIVERSITARIA**

**TESINA**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**INGENIERO ELÉCTRICO ELECTRÓNICO**

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

**ARIAS OREA JOSÉ CARLOS**

**DIRECTOR**

**M.I. ALVAREZ CASTILLO JESUS**



**MÉXICO, D.F., 2015**

A mis padres José Arias y Yolanda Orea por su apoyo que me han dado durante todo este tiempo, en los buenos y en los malos momentos, a mi hermano Arturo con quien me llevo bien y que entre los dos nos ayudamos, y al resto de mi familia mis abuelos, mis tíos, primos y sobrinos que son bastantes y con quienes he pasado muchos momentos agradables, y que han hecho la persona que soy ahora

A mis profesores durante mi estadía en la Facultad, de quienes aprendí además de teoría, modelos matemáticos, a cómo comportarme como profesionalista y como persona tomando lo mejor de ellos y tomar en cuenta lo malo para no hacerlo. A los profesores de mí jurado en mi examen por tener la paciencia y el tiempo de leer mi trabajo y darme las observaciones para que este sea un buen trabajo.

A las personas con quienes trabaje durante mi servicio social y en un ambiente agradable y solidario en el que los compañeros se ayudan a solucionar problemas y no a ocasionar más, gracias por darme la seguridad de que los conocimientos adquiridos durante mis estudios tienen bastantes aplicaciones fuera del salón de clase y que siempre es bueno adquirir más.

Y finalmente a mis amigos y compañeros, que estuvieron conmigo durante mi paso en la facultad, en los pastos, en las banquitas del anexo o en la biblioteca en ocasiones, tocando música, viendo películas, jugando AoE o estudiando para un examen.

A mi familia y amigos a quienes no mencione por su nombre ya que son bastantes y me sería complicado el mencionarlos a todos, y no quiero dejar a nadie fuera de estas líneas.

A todos de mi parte muchas gracias.

<b>INFORMACIÓN DEL PROGRAMA DE SERVICIO SOCIAL</b>	<b>1</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>2</b>
<b>PROPUESTA DE CAMPO FOTOVOLTAICO EN LA UNIDAD DE POSGRADO DE LA UNAM</b>	<b>3</b>
UBICACIÓN DE LA UNIDAD DE POSGRADO	3
TAMAÑO DE CAMPO FOTOVOLTAICO	4
EQUIPOS SELECCIONADOS	6
COMPARACIÓN DE PANELES SELECCIONADOS	7
UBICACIÓN DE LOS PANELES	11
<i>Techo Unidad de Posgrado</i>	11
<i>Ultimo piso del estacionamiento de la Unidad de Posgrado</i>	12
RESULTADOS OBTENIDOS	14
<b>COMPARACIÓN DE TECNOLOGÍAS AHORRADORAS DE ENERGÍA EN LUMINARIAS EN EL SEGUNDO PISO DE LA DIRECCIÓN DE PLANEACIÓN DE LA DGOYC</b>	<b>15</b>
MEDICIÓN DE LUXES	16
CALCULO DEL DPEA	17
LUMINARIAS TII	17
COMPARACIÓN EN LUMINARIAS T8 Y LED SUSTITUCIÓN 1 A 1	20
COMPARACIÓN EN LUMINARIAS T8 Y LED SISTEMA NUEVO	23
RESULTADOS OBTENIDOS	26
<b>ACTUALIZACIÓN DE LA NORMA OFICIAL UNIVERSITARIA DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS (NOUIE)</b>	<b>27</b>
RESULTADOS OBTENIDOS.	30
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>31</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>34</b>
NORMAS OFICIALES MEXICANAS	34
NORMAS UNIVERSITARIAS	34
LEYES, RESOLUCIONES Y ANEXOS	34
<b>ANEXO A MARCO TEÓRICO, TABLAS E ILUSTRACIONES</b>	<b>A</b>
<b>MARCO TEÓRICO CAMPO FOTOVOLTAICO</b>	<b>I</b>
<i>Funcionamiento de un panel solar</i>	I
RADIACIÓN SOLAR	II
<i>Interconexión a la red</i>	IV
SISTEMA CON PANEL SUNPOWER CON 19° DE INCLINACIÓN.	V
SISTEMA CON PANEL SUNPOWER CON 0° DE INCLINACIÓN.	VI
SISTEMA CON PANEL KYOCERA KD250 CON 19° DE INCLINACIÓN.	VII
SISTEMA CON PANEL KYOCERA KD250 CON 0° DE INCLINACIÓN.	VIII

CONEXIÓN DE LOS PANELES	IX
<i>Arreglo en Serie</i>	IX
<i>Arreglo en serie</i>	IX
<i>Arreglo en Paralelo</i>	IX
COSTOS POR SISTEMA	X
<i>Sistema con panel SUNPOWER</i>	X
SISTEMA CON PANEL KYOCERA	XII
RETORNO DE INVERSIÓN PANEL SUNPOWER	XIV
RETORNO DE INVERSIÓN PANEL KYOCERA	XV
LÁMPARAS FLUORESCENTES	XV
LÁMPARAS LED	XVII
<i>Luminaria Tii 2x4</i>	XVIII
<i>Luminaria Tii 1x4</i>	XIX
<i>Luminaria Tii 2x2</i>	XX
LUMINARIA T8	XXII
LUMINARIAS LED	XXIII
COMPARACIÓN A 10 AÑOS	XXIV
RETORNO DE INVERSIÓN POR SISTEMA	XXV
<i>Sustitución 1 a 1</i>	XXVI
<i>Sistema nuevo LED</i>	XXVI
CALCULO DE LA TARIFA DE H-M	XXVII
<b>ANEXO B PLANOS</b>	<b>B</b>
ÍNDICE DE PLANOS	B
SUNPOWER	I
<i>Arreglo de Paneles, Diagrama de conexión</i>	i
<i>Ubicación Azotea Unidad de Posgrado</i>	ii
<i>Ubicación Azotea Estacionamiento Unidad de Posgrado</i>	iii
KYOERA	IV
<i>Arreglo de paneles, Diagrama de conexión</i>	iv
<i>Ubicación Azotea Unidad de Posgrado</i>	v
<i>Ubicación Azotea Estacionamiento Unidad de Posgrado</i>	vi
PLANTA SEGUNDO NIVEL DIRECCIÓN DE PLANEACIÓN DGOYC	VII
<b>ANEXO C HOJAS DE ESPECIFICACIONES</b>	<b>C</b>
SUNPOWER	I
KIOCERA	II
FRONIUS CL 60.0	III
ADVANCE ENERGY	IV
TII	V
PHILIPS T8	VI

## Índice de Tablas

TABLA 1, COMPARACIÓN DE PANELES SOLARES, ELABORACIÓN PROPIA DGOYC, RADIACIÓN PROMEDIO 5.39 KWH.	7
TABLA 2, RESUMEN DE COSTOS POR SISTEMAS Y GENERACIÓN DE ENERGÍA, DGOYC	13
TABLA 3, COSTO DE LA ENERGÍA FOTOVOLTAICA DE 2010, 2013 Y 2014, ASOLMEX, HTTP://WWW.ASOLMEX.ORG/COSTOS.HTML	13
TABLA 4, NIVEL MÍNIMO DE LUXES EN OFICINAS NOM-025-STPS-2008 Y NOUIE	16
TABLA 5, DPEA MÁXIMO EN OFICINAS NOM-007-ENER-2004	16
TABLA 6, SUSTITUCIÓN DE LUMINARIAS 1 A 1	21
TABLA 7, SUSTITUCIÓN DE LUMINARIAS 1 A 1 CONTINUACIÓN	21
TABLA 8, COSTO TOTAL ANUAL POR LUMINARIA SUSTITUCIÓN 1 A 1 AÑOS FALTANTES NO SE REQUIERE INVERSIÓN POR MANTENIMIENTO	22
TABLA 9, SISTEMA LED NUEVO	23
TABLA 10, SISTEMA LED NUEVO, CONTINUACIÓN	23
TABLA 11, COSTO TOTAL ANUAL POR LUMINARIA SISTEMA LED NUEVO, AÑOS FALTANTES NO SE REQUIERE INVERSIÓN POR MANTENIMIENTO	24
TABLA 12, POTENCIA Y TENCIÓN DE MOTORES	29
TABLA 13, MONTHLY AVERAGED RADIATION INCIDENT ON AN EQUATOR-POINTED TILTED SURFACE (KWH/M2/DAY) NASA	III
TABLA 14, GENERACIÓN DE ENERGÍA PANEL SUNPOWER INCLINACIÓN 19°, RADIACIÓN BASE DE DATOS DE LA NASA PÁG.6	V
TABLA 15, GENERACIÓN DE ENERGÍA PANEL SUNPOWER INCLINACIÓN 0°, RADIACIÓN BASE DE DATOS DE LA NASA PÁG.6	VI
TABLA 16, GENERACIÓN DE ENERGÍA PANEL KYOCERA DK250 INCLINACIÓN 19°, RADIACIÓN BASE DE DATOS DE LA NASA PÁG.6	VII
TABLA 17, GENERACIÓN DE ENERGÍA PANEL KYOCERA DK250 INCLINACIÓN 0°, RADIACIÓN BASE DE DATOS DE LA NASA PÁG.6	VIII
TABLA 18, RETORNO DE INVERSIÓN PANEL SUNPOWER, TARIFA H-M JULIO DE 2014 (PROMEDIO DIARIO ANUAL)	XIV
TABLA 19, RETORNO DE INVERSIÓN PANEL KYOCERA TARIFA H-M JULIO DE 2014 (PROMEDIO DIARIO ANUAL)	XV
TABLA 20, SITIOS RECOMENDADOS PARA LAS LUMINARIAS TII	XXI
TABLA 21, SITIOS RECOMENDADOS PARA LAS LUMINARIAS TII (CONTINUACIÓN)	XXI
TABLA 22, CARACTERÍSTICAS LUMINARIA FLUORESCENTE T8	XXII
TABLA 23, CARACTERÍSTICAS LUMINARIA LED TII 1X4	XXIII
TABLA 24, TABLA COMPARATIVA POR TIPO DE LUMINARIA	XXIV
TABLA 25, COSTO DE LA ENERGÍA Y EMISIONES DE CO2 POR SISTEMA	XXV
TABLA 26, RETORNO DE INVERSIÓN SUSTITUCIÓN 1 A 1 CON LED	XXVI
TABLA 28, RETORNO DE INVERSIÓN SUSTITUCIÓN 1 A 1 CON LED CONTINUACIÓN	XXVI
TABLA 28 , RETORNO DE INVERSIÓN SISTEMA NUEVO CON LED	XXVI
TABLA 30 , RETORNO DE INVERSIÓN SISTEMA NUEVO CON LED CONTINUACIÓN	XXVI

Índice de Ilustración

ILUSTRACIÓN 1, UNIDAD DE POSGRADO UNAM, FOTO GOOGLE MAPS	3
ILUSTRACIÓN 2, ESQUEMA ILUSTRATIVO DE INTERCONEXIÓN PARA LA GENERACIÓN EN MEDIA TENSIÓN, PÁG., 16 ANEXO 3: REQUERIMIENTOS TÉCNICOS PARA INTERCONEXIÓN DE CENTRALES SOLARES FOTOVOLTAICAS AL SISTEMA ELÉCTRICO NACIONAL, CFE	5
ILUSTRACIÓN 3, COMPARACIÓN DE GENERACIÓN DE LOS PANELES Y SU INCLINACIÓN (DGOYC)	8
ILUSTRACIÓN 4, PANEL SUNPOWER 315E	9
ILUSTRACIÓN 5, ARREGLO DE 4X10 PANELES MARCA SUNPOWER	9
ILUSTRACIÓN 6, PANEL KYOCERA KD250	10
ILUSTRACIÓN 7. ARREGLO 4X12 PANELES KYOCERA	10
ILUSTRACIÓN 8, PROPUESTA PANELES SUNPOWER	11
ILUSTRACIÓN 9, PROPUESTA PANELES KYOCER	11
ILUSTRACIÓN 10, PROPUESTA SISTEMA SUNPOWER ESTACIONAMIENTO	12
ILUSTRACIÓN 11, PROPUESTA SISTEMA KYOCERA ESTACIONAMIENTO	12
ILUSTRACIÓN 12, MEDICIÓN DE LUXES	16
ILUSTRACIÓN 13, PLANO SEGUNDO NIVEL DGOYC	17
ILUSTRACIÓN 14, PASILLO TALLERES DGOYC	18
ILUSTRACIÓN 15, CUBÍCULO TALLERES, DGOYC	18
ILUSTRACIÓN 16, CUBÍCULO TALLERES, DGOYC	19
ILUSTRACIÓN 17, SALA DE JUNTAS TALLERES, DGOYC	19
ILUSTRACIÓN 18, COMPARACIÓN SUSTITUCIÓN 1 A 1	22
ILUSTRACIÓN 19, COMPARACIÓN SISTEMA LED NUEVO	25
ILUSTRACIÓN 20, COMPARACIÓN DE LOS TRES SISTEMAS	25
ILUSTRACIÓN 21, COSTO DE LA ENERGÍA POR SISTEMA	26
ILUSTRACIÓN 22, MAPA ISOCERÁUNICO DE MÉXICO, PERIODO DE 1983 A 1993 REALIZADO POR EL IIE Y LA CFE, NMX-J-569-ANCE-2005,	29
ILUSTRACIÓN 23, COMPONENTES DE UN PANEL SOLAR	II
ILUSTRACIÓN 24, KILOWATT HORA POR METRO CUADRADO AL DÍA, RAYMOND J. BAHN AND ASSOCIATES ALBUQUERQUE, NM.	III
ILUSTRACIÓN 25, GENERACIÓN PROMEDIO POR DÍA PANEL SUNPOWER 19°	V
ILUSTRACIÓN 26, GENERACIÓN PROMEDIO POR DÍA PANEL SUNPOWER 0°	VI
ILUSTRACIÓN 27, GENERACIÓN PROMEDIO POR DÍA PANEL KYOCERA KD250 19°	VII
ILUSTRACIÓN 28, GENERACIÓN PROMEDIO POR DÍA PANEL KYOCERA KD250 0°	VIII
ILUSTRACIÓN 29, ARREGLO EN SERIE DE PANELES FOTOVOLTAICOS	IX
ILUSTRACIÓN 30, ARREGLO EN PARALELO DE PANELES FOTOVOLTAICOS	IX
ILUSTRACIÓN 31, FUNCIONAMIENTO DE UNA LÁMPARA FLUORESCENTE	XVI
ILUSTRACIÓN 32, TAMAÑO DE LÁMPARAS FLUORESCENTES	XVI
ILUSTRACIÓN 33, BALASTRO ELECTROMAGNÉTICO IZQUIERDA, BALASTRO ELECTRÓNICO DERECHA	XVII
ILUSTRACIÓN 34, COMPONENTES DE UNA LÁMPARA LED	XVII
ILUSTRACIÓN 35, GRÁFICAS DE COSTOS DE ACUMULADO Y CONSUMO DE ENERGÍA	XXIV

## Información del Programa de Servicio Social

Nombre del Programa: **Estudio y Evaluación de Tecnologías Alternativas en Ciudad Universitaria**

Clave DGOSE: **2014-12/104-705.**

Nombre responsable del programa: **Arq. J. Antonio Juárez Cerdí**

Nombre del jefe inmediato: **Arq. Ricardo Flores Torres**

Tipo de programa: **Administración Pública**

Nombre de la Dependencia: **Universidad Nacional Autónoma de México**

Subdirección o Departamento: **Dirección General de Obras y Conservación**

Oficina o Sección: **Dirección de Planeación y Evaluación de Obras**

Dirección: **Av. Revolución No. 2045** Colonia: **Ciudad Universitaria**

C.P. **04510** Delegación (Municipio): **Coyoacán**

Estado: **Distrito Federal** Teléfono: **5622 2803**

## Introducción

El servicio social es un mecanismo por el cual el estudiante se relaciona con proyectos de tipo social, profesional o de investigación donde el alumno aplica sus conocimientos teóricos y adquiere experiencia para desarrollarse profesionalmente, además de involucrarse con la comunidad que lo rodea al transmitir sus conocimientos en un problema que esta tenga que resolver para mejor su situación.

Este trabajo tiene como objetivo presentar las actividades que desarrollé en mi servicio social en la Dirección General de Obras y Conservación de la UNAM en la Dirección de Planeación en el programa de trabajo **Estudio y Evaluación de Tecnologías Alternativas en Ciudad Universitaria** con clave **2014-12/104-705**.

Actividades en las que participe:

- Propuesta de Campo Fotovoltaico en la Unidad de Posgrado de la UNAM.
- Comparación de tecnologías ahorradoras de energía en luminarias.
- Actualización de la Norma Oficial Universitaria de Instalaciones Eléctricas (NOUIE).
- Levantamientos físicos en dependencias Universitarias, sobre el consumo y uso de la energía eléctrica.

Estas actividades tienen diferentes objetivos como son:

- La generación de energía eléctrica con tecnologías alternativas.
- Reducir el consumo de energía eléctrica.
- Reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.
- Actualizar la NOUIE con la NOM-SEDE-2012 Instalaciones Eléctricas.
- Verificar que las instalaciones eléctricas nuevas cumplan las normas actualizadas.
- Análisis de los criterios de construcción sustentable en la UNAM.
- Reducir los desechos generados durante la construcción de un nuevo edificio o sus remodelaciones en un edificio existente.

En este Trabajo solo hablare de tres actividades, planeación de un sistema fotovoltaico para la generación de energía en la Unidad de Posgrado, comparación de las luminarias marca TII de

tecnología led con luminarios fluorescentes para su uso en oficinas y la actualización de la Norma Oficial Universitaria de Instalaciones Eléctricas (NOUIE).

## Propuesta de Campo Fotovoltaico en la Unidad de Posgrado de la UNAM

Para cumplir con lo establecido por la Ley de Aprovechamiento Sustentable de Energía emitido en 2008, la UNAM está realizando diferentes cambios en sus instalaciones para poder cumplir con esta ley entre ellas el instalar sistemas de generación de energía como captadores de energía solar térmica y solar fotovoltaica en diferentes edificios dentro de C.U.

La propuesta de un campo fotovoltaico en la Unidad de posgrado tiene como objetivo reducir el consumo de energía eléctrica proveniente de la red de CFE, además de tener un ahorro económico y una disminución de generación de gases de efecto invernadero.

### Ubicación de la Unidad de Posgrado

La Unidad de Posgrado de la UNAM está ubicado en Ciudad Universitaria, Coyoacán C.P. 04530 Ciudad de México, D.F. México, que es un espacio compartido por diferentes Facultades para impartir estudios de Maestría, Doctorado y Especialidades.

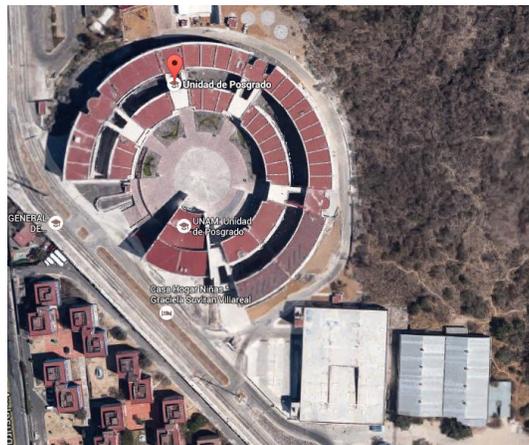


Ilustración 1, Unidad de Posgrado UNAM, Foto Google Maps

El edificio tiene dos cuartos de máquinas en los que se encuentran los transformadores de media a baja tensión el primero ubicado en la parte posterior del auditorio con un transformador de 750 kVA y el segundo en el sótano del edificio H con una capacidad de 500 kVA, dando un total de 1250 kVA.

### Tamaño de Campo Fotovoltaico

Se propuso que el campo fotovoltaico tuviera una capacidad de al menos el 10 % de la capacidad máxima instalada del edificio siendo esta de 125 kVA, para poder cumplir con esto y tener un factor de potencia mayor a 0.9, debido a esto se escogió la capacidad de 150 kWp, esta capacidad se encuentra dentro de lo permitido por CFE para la interconexión a la red de un sistema de generación de tipo solar fotovoltaico, eólico, cogeneración, biomasa o mini hidráulico en media tensión cumpliendo con ser una capacidad mayor de 30 kW y menor a 500 kW, con una tensión entre 1 kV y 69 kV en el punto de interconexión, además de respetar los rangos de frecuencias, nivel de armónicas y factor de potencia entre otros indicadores que pide la CFE para tener un control de calidad en la energía.

El diagrama propuesto por CFE para la interconexión es el mostrado en la ilustración 2

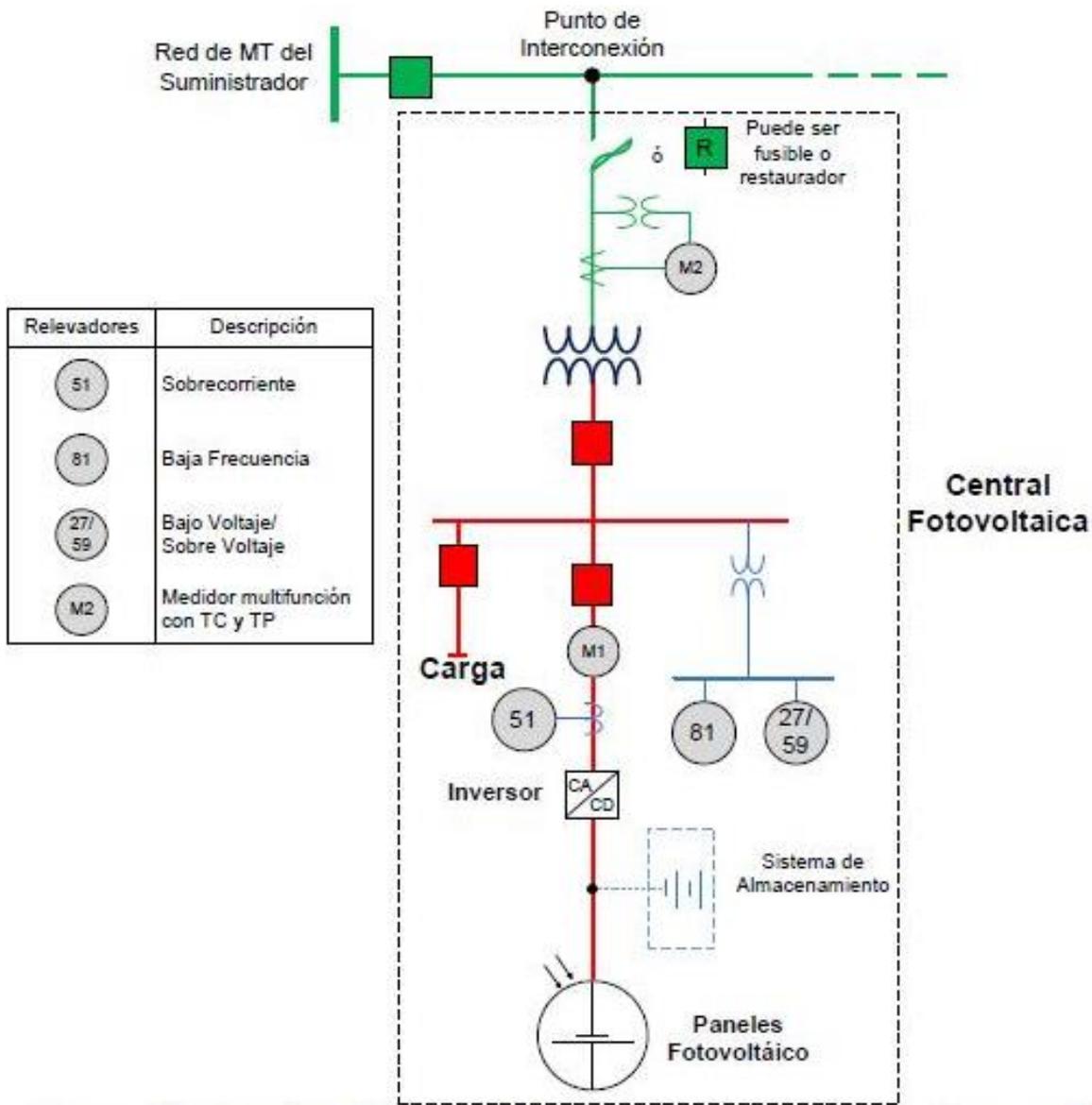


Ilustración 2, Esquema Ilustrativo de interconexión para la generación en Media Tensión, pág., 16 ANEXO 3: REQUERIMIENTOS TÉCNICOS PARA INTERCONEXIÓN DE CENTRALES SOLARES FOTOVOLTAICAS AL SISTEMA ELÉCTRICO NACIONAL, CFE

## Equipos seleccionados

Se seleccionó un solo panel Monocristalino para comparar esta tecnología con el panel policristalino, del cual se seleccionaron tres modelos de diferentes marcas para comparar su rendimiento.

### *Monocristalino*

- Marca SUNPOWER modelo SPR-315E-WHT-D de 315 W, eficiencia de 19.3 % con una tensión nominal de 54.7 V y 5.76 A.

### *Policristalino*

- Marca KYOCERA SERIE FAMILY KD-F de 250 W, eficiencia de 15 %, con una tensión de 29.8 V y una corriente de 8.39 A.
- Marca YINGLI SOLAR, YGE 60 Cell 40 mm SERIES modelo YL250P-29b de 250W con una eficiencia de 16.2 %, con una tensión de 29.8 V y corriente de 8.39 A.
- Marca SHARP modelo ND-R250A5 de 250 W, eficiencia de 15.2 %, con una tensión de 37.6 V y corriente de 8.1 A.

Los inversores y las cajas de conexión fueron escogidas marcas con las cuales la DGOyC ya ha trabajado antes y cubren con los requisitos técnicos requeridos por la CFE y que cumplen con las normas aplicables.

### *Inversor seleccionado*

- Inversor marca FRONIUS modelo CL 60.0, con una potencia máxima de entrada entre 51 – 70.2 kWp, Potencia máxima de salida de 60 kW, una eficiencia de conversión de 95.9%, con una corriente máxima de entrada de 280.2 A y tensión máxima de entrada de 600 V, corriente máxima de salida 87.0 A y tensión de salida en tres fases 3~NPE 400/230 Vac

### *Caja de conexión*

- Caja de conexión marca ADVANCED ENERGY de 16 combinaciones en prisionero y corta corriente de 15 A por conector y 240 A en conjunto.

Comparación de Paneles seleccionados

Con estos datos se realizó una tabla 1 en la cual se tomaba en cuenta la cantidad de paneles, el área de captación total la generación promedio por día estimado, la generación estimada al año, en 10 y 20 años después de su instalación, con un factor de planta de 21.27 %, el cálculo se realizó considerando las condiciones de prueba estándar (Standard Test Conditions, STC=1,000 W/m<sup>2</sup>, Temp =25 °C, AM = 1. 5) ofrecidas por el fabricante y no se tomó en cuenta el efecto de la temperatura local sobre los paneles.

Tabla 1, Comparación de Paneles Solares, elaboración propia DGOyC, radiación promedio 5.39 kWh.

Tabla comparativa de celdas fotovoltaicas								
Datos Generales	SUNPOWER 315E		YINGLI SOLAR YL250P-29b		KYOCERA KD250		SHARP ND-R250A	
Abasto de Energía a generar	150,000.00 watts		150,000.00 watts		150,000.00 watts		150,000.00 watts	
Eficiencia de conversión de energía de Corriente Directa a Corriente Alterna del Inversor	95.90%		95.90%		95.90%		95.90%	
Número de inversores a emplear	3 pzas.		3 pzas.		3 pzas.		3 pzas.	
Generación de Watts por panel (Wp)	315 watts		250 watts		250 watts		250 watts	
Eficiencia de conversión	19.30%		16.20%		15.00%		15.20%	
Potencia máxima	5.00% -3.00%		5.00% -5.00%		5.00% -5.00%		5.00% -5.00%	
Cantidad de paneles min./max.	476.19 490.63		600.00 630.15		600.00 630.15		600.00 630.15	
Superficie de captación por panel	1.64538 m2		1.6335 m2		1.6302 m2		1.6442 m2	
Superficie de captación por sistema	783.51 m2		980.10 m2		978.10 m2		986.52 m2	
No. De paneles a emplear	<b>476 pzas.</b>		<b>600 pzas.</b>		<b>600 pzas.</b>		<b>600 pzas.</b>	
Generación promedio estimada al día	766.02 kWh		804.30 kWh		743.20 kWh		759.60 kWh	
Generación estimada al año al momento de instalación	279,595.73 kWh		293,570.03 kWh		271,268.31 kWh		277,252.71 kWh	
Generación estimada a 10 años de instalación	265,615.95 kWh		264,213.03 kWh		244,141.47 kWh		249,527.44 kWh	
Generación estimada a 20 años de instalación	239,054.35 kWh		234,856.02 kWh		217,014.64 kWh		221,802.17 kWh	

De esta tabla se seleccionó el panel monocristalino SUNPOWER 315E ya que se requiere de una cantidad menor de paneles y el KYOCERA KD250 que tiene la menor generación pero la misma cantidad de paneles de los otros dos casos, con estos paneles se realizaron comparaciones con respecto a la inclinación de 0° y 19° durante un año, esto se realizó para conocer si es conveniente invertir en la soportería con inclinación y no en una móvil.

De esta tabla se seleccionó el panel monocristalino SUNPOWER 315E ya que se requiere de una cantidad menor de paneles y el KYOCERA KD250 que tiene la menor generación pero la misma cantidad de paneles de los otros dos casos, con estos paneles se realizaron comparaciones con respecto a la inclinación de 0° y 19° durante un año, dando como resultado la gráfica de la ilustración 3 en el cual se ve la diferencia de generación durante un año entre ambos paneles e inclinaciones.

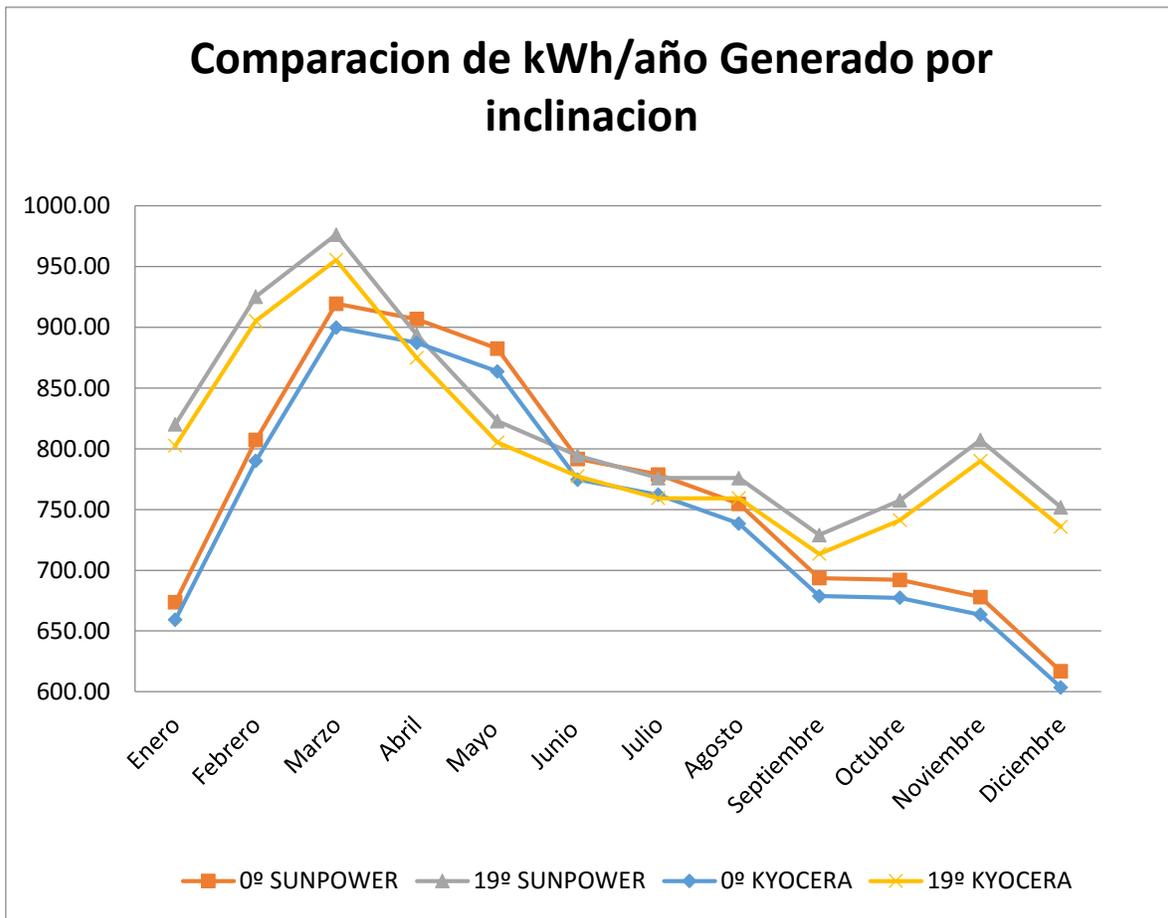


Ilustración 3, Comparación de generación de los paneles y su inclinación (DGOyC)

La ganancia en generación de energía durante los meses de otoño (octubre, noviembre y diciembre) justifican el realizar una soportería con inclinación de 19°

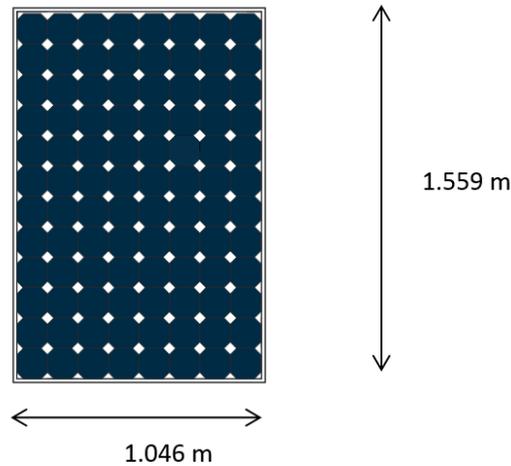


Ilustración 4, Panel SUNPOWER 315E

Para el caso del panel fotovoltaico marca SUNPOWER modelo SPR-315E-WHT-D que tiene una tensión y corriente de salida de 54.7 V., y 5.76 A., respectivamente, se colocaron 10 panes en serie para una tensión del arreglo de 547 V que es menor al valor de tensión máximo de entrada en el inversor, estos arreglos de 10 panes se conectaron a su vez en paralelo con otros 3 arreglos en serie para formar arreglos de 40 paneles, que entregan 92.16 A, se utilizan 4 de estos arreglos en paralelo para un bloque de 160 paneles y una potencia de 50.411 KW por caja de conexión

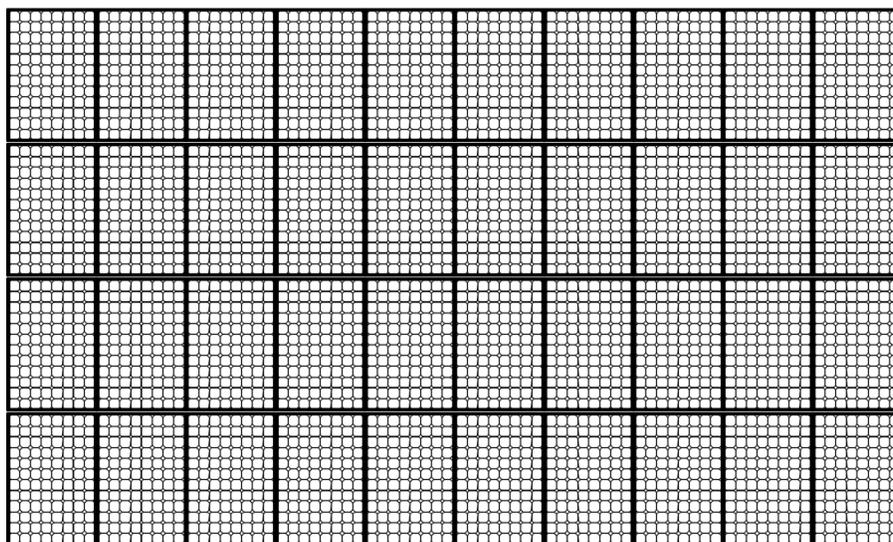


Ilustración 5, Arreglo de 4x10 paneles marca SUNPOWER

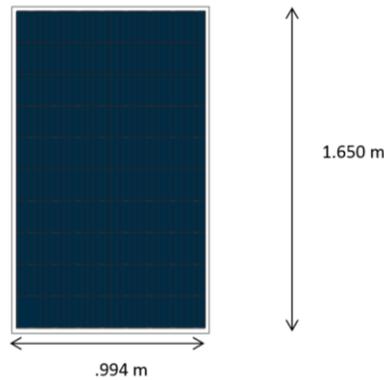


Ilustración 6, Panel KYOCERA KD250

En el caso del panel fotovoltaico KYOCERA SERIE FAMILY KD-F con valores de salida de tensión y corriente de 29.8 V y 8.39 A, se colocaron en arreglos serie de 12 paneles para una tensión resultante de 357.6 V, y estos en arreglos de 4 en paralelo, se utilizan 4 de estos bloques básicos de 48 paneles que entrega una corriente de 134.24 A y una potencia de 48kW , siendo en total 192 paneles, siendo necesarios 3 de estos para un total de 576 paneles, para la cantidad estimada de 600 paneles, resulta un arreglo pequeño de 24 paneles en dos arreglos en paralelo con 12 paneles en serie, siendo necesaria una caja de conexiones de 8 entradas.

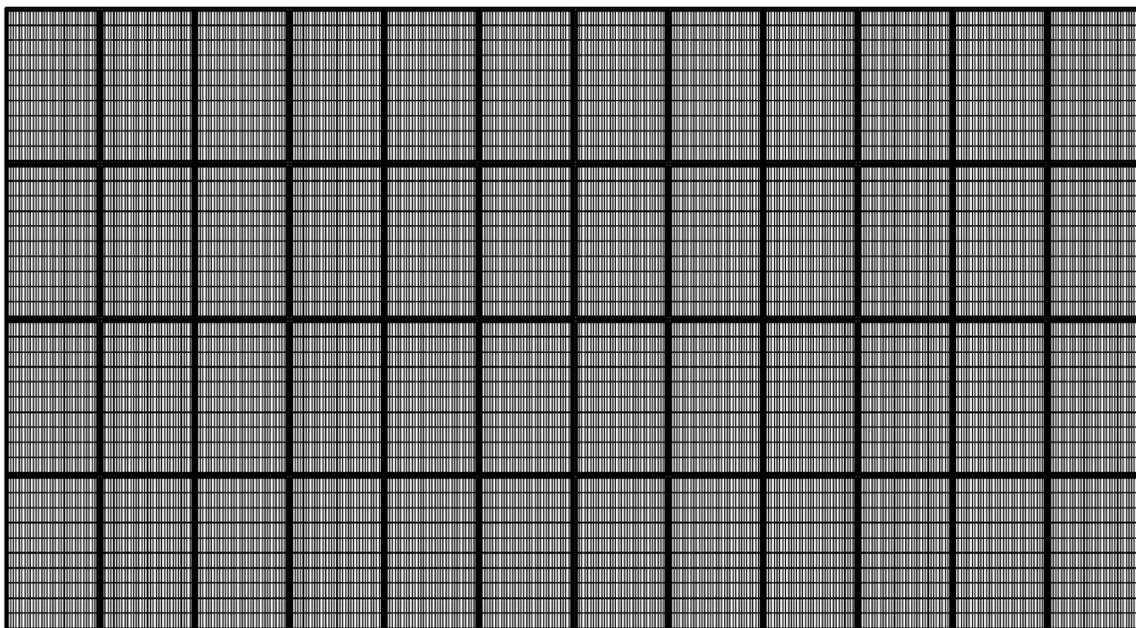


Ilustración 7. Arreglo 4x12 paneles KYOCERA

Para ambos casos se utilizan tres inversores marca FRONIUS modelo CL60 con una eficiencia de conversión de CD a CA de 95.5 % para obtener en el campo SUNPOWER un promedio diario de 813.27 kW y en el KYOCERA de 795.84 kW.

El área de captación para el SUNPOWER de 783.51 m<sup>2</sup> y en el caso de KYOCERA de 978.10 m<sup>2</sup>.

### Ubicación de los paneles

El lugar donde se quería realizar la instalación de los paneles era el anillo exterior de la unidad de posgrado siendo las ilustraciones 8 y 9 las que muestran la ubicación de los paneles de las propuestas SUNPOWER y KYOCERA respectivamente, durante la tercera visita a sitio se nos comentó que este espacio ya no podría ser utilizado ya que en la Unidad de Posgrado en la división de Arquitectura se tienen diferentes propuestas para utilizar el techo con azoteas verdes, invernaderos entre otros proyectos, siendo el último piso del estacionamiento ilustraciones 10 y 11 el lugar más cercano, teniendo como inconveniente el tener que instalar una mayor distancia de los paneles a la subestación más cercana.

### Techo Unidad de Posgrado

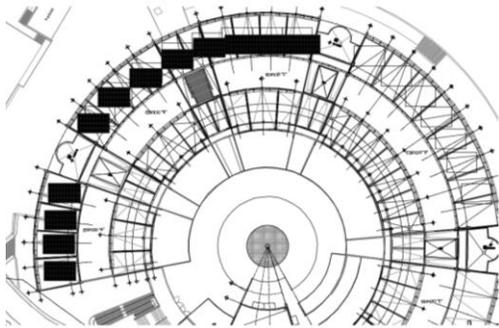


Ilustración 8, Propuesta Paneles SUNPOWER

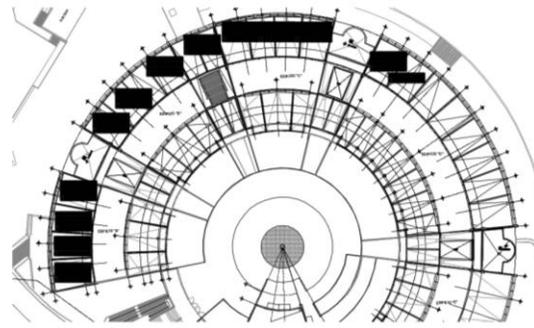
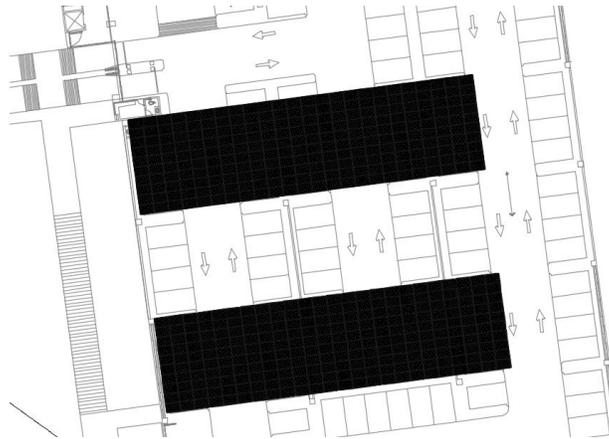


Ilustración 9, Propuesta Paneles KYOCERA

El área utilizada en el techo de posgrado para colocar el campo solar es la ocupada por los paneles más los cubos de elevadores en esa parte del edificio siendo de 1638.4 m<sup>2</sup> en el caso del panel SUNPOWER y de 1892.38 m<sup>2</sup> en el KYOCERA, sin tener en cuenta el espaciamiento por las sombras generadas por las estructuras de los paneles que se tiene que evitar, siendo 91.55 W/m<sup>2</sup> y 79.27 W/m<sup>2</sup> instalados respectivamente.

Ultimo piso del estacionamiento de la Unidad de Posgrado



*Ilustración 10, Propuesta sistema SUNPOWER estacionamiento*



*Ilustración 11, Propuesta sistema KYOCERA estacionamiento*

El área total del techo del estacionamiento es de  $3158.82 \text{ m}^2$ , siendo el utilizado por el sistema SUNPOWER una superficie de  $1241.5 \text{ m}^2$  y de  $1462 \text{ m}^2$  para el de KYOCERA, la separación para las sombras en ambos casos es de 11 metros entre las franjas de los paneles, en este caso se tienen las siguientes potencias instaladas por metro cuadrado,  $120.82 \text{ W/m}^2$  en el SUNPOWER Y  $102.6 \text{ W/m}^2$  para el KYOCERA.

De las tablas anexas para este capítulo se tiene obtiene la tabla2 con el resumen siguiente:

Tabla 2, Resumen de costos por sistemas y generación de energía, DGOyC

concepto		SUNPOWER		KYOCERA	
		19º	0º	19º	0º
Costo total por sistema		\$5,732,740.03		\$7,501,670.78	
Costo por watt instalado	MN	\$38.22		\$50.01	
	USD	\$2.93		\$3.83	
Costo por m2 de instalaciòn	MN	\$4,617.59		\$5,131.10	
Generaciòn de energia					
Generaciòn de energia	dia	813.27	766.25	795.84	749.83
	mes	25,938.85	24,451.49	24,174.77	22,788.57
watts instalados por m2		120.8215868		102.5991792	

El tipo de cambio \$1 USD a \$13.0574 para el día 1 de abril de 2014

Si se compara con instalaciones comerciales para el año de 2014 en la tabla 3, realizada por Asolmex para este año ambos costos por kW instalado son competitivos en el mercado.

Tabla 3, Costo de la energía fotovoltaica de 2010, 2013 y 2014, ASOLMEX, <http://www.asolmex.org/costos.html>

	2010	2013	2014	2010-2014 (Δ %)
Costo promedio ponderado regional instalado en plantas de gran escala (US\$/kWh, 2014=100)	3,700-7,060	1,690-4,250	1,570-4,340	-39% a -58%
LCOE promedio ponderado regional en plantas de gran escala (US\$/kWh, 2014=100)	0.23-0.5	0.12-0.24	0.11-0.28	-44% a -52%

La diferencia entre los dos sistemas se debe a la mayor cantidad de paneles en un el sistema KYOCERA, y a los gastos de instalación que estos implican como es colocar las bases de concreto, para la soportería de aluminio para poder sostener el peso de los 600 paneles.

El retorno de inversión es de 12 años para el SUNPOWER y de 14 años para el KYOCERA, ambos paneles tienen una vida útil de al menos de 25 años. Lo que representa un ahorro en energía de \$11, 286,981.36 para el sistema SUNPOWER y de \$9, 011,138.32 para el sistema KYOCERA en la vida útil de ambos sistemas de paneles.

### Resultados obtenidos

Esta propuesta fue entregada a la Dirección de Planeación de la DGOyC el 4 de abril de 2014 y aprobada en agosto del mismo año por la Dirección de Planeación, el proyecto sigue en espera de ser aprobado para su construcción.

La energía generada por este campo fotovoltaico será consumida por el edificio para reducir su consumo de energía eléctrica, siendo distribuido por la red interna de 23 kV de la UNAM a otras instalaciones de Ciudad Universitaria los días que la Unidad de Posgrado se encuentre de vacaciones o fines de semana disminuyendo el consumo de energía en alguna de las subestaciones donde CFE y la UNAM se interconectan.

Además se pretende que este proyecto con capacidad de 150 kWp sea modelo para futuros campos fotovoltaicos que puedan ser instalados en las diferentes dependencias de la UNAM, dentro y fuera de Ciudad Universitaria como una de las formas de disminuir el consumo de energía eléctrica y las emisiones de gases de efecto invernadero en plantas de generación convencionales, en promedio de 140 tCO<sub>2</sub>e por año, considerando un factor de emisión de electricidad promedio de 0.4999 tCO<sub>2</sub>e/MWh (<http://www.geimexico.org/factor.html>) al no consumir esta energía de la red de CFE.

## Comparación de tecnologías ahorradoras de energía en luminarias en el Segundo Piso de la Dirección de Planeación de la DGOyC

La UNAM como una de las dependencias de Administración Pública está sujeta al cumplimiento de diferentes Leyes y Normas. En 2008 fue emitida la Ley de Aprovechamiento Sustentable de Energía en el cual se obliga a las dependencias de Administración Pública a emitir un programa para el uso responsable de la energía y eficiencia energética, por esta razón se realizó un ejercicio de comparación de dos diferentes tipos de luminarias para conocer cual tiene el mejor uso de la energía en iluminación en este caso para oficinas.

Se analizaron principalmente dos tecnologías de luminarias la de lámparas fluorescentes y las lámparas LED, en el segundo piso de la Dirección General de Obras y Conservación en el departamento de Planeación, que está ubicado en Av. Revolución 2045, Coyoacán, En ciudad Universitaria, C.P. 04510.

Las luminarias a comparar son T8 fluorescente de 2x32 W con balastro electrónico de una, y luminarios con fluorescentes compactos de 2x23 W con las luminarias de la marca TII, 2x2 series de 37.6W, 1x4 series de 38.5 W y 2x4 series de 49.5 W.

Siendo planteados dos casos de estudio la sustitución de 1 a 1 y el de un sistema led nuevo, para conocer que opción tiene un menor consumo de energía y una menor cantidad de emisiones.

Para estos ejemplos se deben de cumplir dos puntos importantes que son el DPEA ( $W/m^2$ ) y el nivel de iluminación en luxes, los cuales vienen indicados por las normas NOM-007-ENER-2004 Eficiencia energética en sistemas de alumbrado en edificios no residenciales, NOM-025-STPS-2008 Condiciones de iluminación en los centros de trabajo y la Norma Interna Universitaria vigente.

Tabla 4, Nivel mínimo de luxes en oficinas NOM-025-STPS-2008 y NOUIE

Local	NOM-025-STPS-2008	NOUIE
Oficinas	300	400
Sala de juntas	300	300

Tabla 5, DPEA máximo en oficinas NOM-007-ENER-2004

Local	NOM-007-ENER-2004	NOUIE
Oficinas	14	14

Además de otras características como la temperatura de color de 4100 K, que el balastro electrónica tenga un factor de potencia superior a .9, y una THD (distorsión armónica total) máxima de 10%, que el reflector tenga una reluctancia mínima de 90 % y el acrílico una eficiencia mínima de 65% en las luminarias fluorescentes y LED.

### Medición de Luxes

La medición de luxes se realizó mediante un luxómetro, a la altura de una mesa de trabajo o escritorio y a nivel del suelo, en una cuadrícula en la que se obtuvo el valor promedio por cada tipo de lámpara.

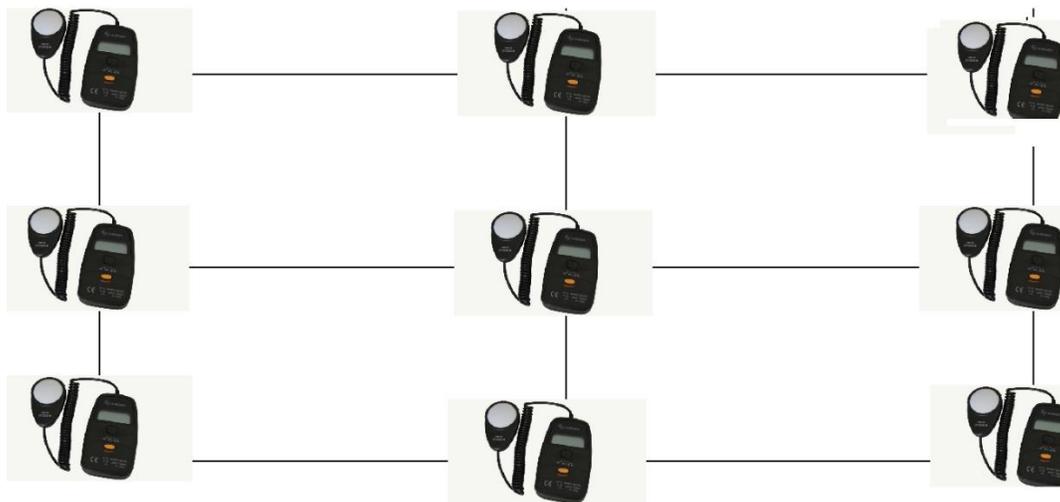


Ilustración 12, Medición de luxes

## Calculo del DPEA

El DPEA se calculó al dividir la potencia total instalada de luminarias por tipo de tecnología en el segundo nivel de la DGOyC entre la cantidad de  $m^2$  construidos.

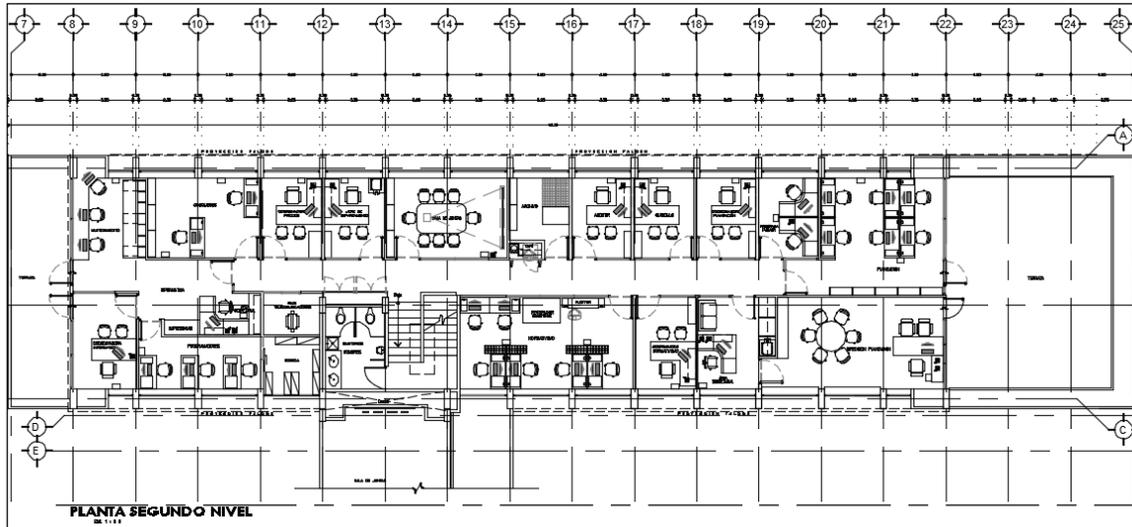


Ilustración 13, Plano Segundo Nivel DGOyC

## Luminarias Tii

Las Luminarias que la empresa Tii Network Technologies, Inc. Presto a la DP-DGOyC para su evaluación, fue el Modelo LED Troffer disponible en tres tamaños diferentes, 2x2, 2x4 y 1x4

Estas luminarias Tii se encuentran listas para su instalación, en su interior se encuentran todos los componentes de la luminaria, como son:

- Gabinete
- Lámpara
- Balastro
- Difusor
- Reflector

Siendo una sola pieza tiene como inconveniente, que si falla algún componente, este no puede ser reemplazado de forma individual, estas luminarias se instalaron en el taller de la dirección general de obras, en un pasillo y diferentes oficinas.



Ilustración 14, Pasillo Talleres DGOyC



Ilustración 15, Cubículo talleres, DGOyC



Ilustración 16, Cubículo talleres, DGOyC



Ilustración 17, Sala de Juntas Talleres, DGOyC

La lámpara de tamaño 1x4 sustituye a una luminaria convencional T8 de dos tubos, tiene un flujo luminoso mayor ya que una sola es capaz de iluminar una oficina con una cantidad de luxes mayor al que solicita la norma, y con un DPEA menor, mientras que la luminaria de 2x2 puede remplazar un luminario de dos fluorescentes compactos de 23 W cada uno con un flujo luminoso también mayor, en cuanto a la luminaria grande de 2x4, puede ser empleada en salas de juntas como luminario principal, o en salas de videoconferencia de la DGTIC.

Los tres modelos de lámparas led de la marca Tii, cumplen con los requisitos que pide la UNAM en luxes y DPEA en la NOUIE y las NOM-007-ENER-2004 Eficiencia energética en sistemas de alumbrado en edificios no residenciales, NOM-025-STPS-2008 Condiciones de iluminación en los centros de trabajo

El aumento en la cantidad de luxes reduce la cantidad de lámparas que se requieren para iluminar un espacio, esta disminución de luminarias junto con la menor cantidad de energía requerida por las luminarias genera un ahorro en el consumo de energía de un edificio y una menor emisión de gases de efecto invernadero.

### Comparación en luminarias T8 y Led sustitución 1 a 1

En la comparación entre las luminarias T8 Y LED en dos escenarios usando como referencia un piso completo de la DGOyC que cuenta con luminarias T8 y lámparas fluorescentes compactas en sustitución 1 a 1 y con una instalación nueva con menos luminarias.

Tabla 6, Sustitución de luminarias 1 a 1

Modelo de Luminaria	Tecnología	Consumo	1 Lámpara	Sistema	Potencia Instalada	Uso Horario
		W	W		Kw	horas
Lámpara T8	T8	67.2	32	45	3.02	8
compacto fluorescente		46	23	25	1.15	8
tii TD143K-36DW176 (1x4)	Led	37.8	37.8	45	1.70	8
tii TD1224K-36DW152 (2x2)	Led	38.2	38.2	25	0.96	8

Tabla 7, Sustitución de luminarias 1 a 1 continuación

Modelo de Luminaria	Consumo Diario	costo diario	costo anual	costo del sistema	costo del sistema anual	Ahorro	CO2 emitido	
	kWh	\$	\$	\$	\$		kg/CO <sub>2e</sub>	
Lámpara T8	24.192	\$34.45	\$7,579.87	\$47.56	\$10,462.43	\$3,804.98	2341.7856	3232.3456
compacto fluorescente	9.2	\$13.10	\$2,882.56					
tii TD143K-36DW176 (1x4)	13.608	\$19.38	\$4,263.68	\$30.26	\$6,657.45	36.37%	1317.2544	2056.8064
tii TD1224K-36DW152 (2x2)	7.64	\$10.88	\$2,393.78					
							diferencia	1175.5392
							Reducción	36.37%

En estas tablas 6 y 7 se compara el consumo de energía, el costo por cada tipo de luminaria, el ahorro y las emisiones de CO<sub>2</sub> emitidas en un año, a esta comparación hacen falta agregar el costo de la instalación y el mantenimiento, durante la vida útil de los diferentes componentes de las luminarias

En las luminarias de tipo fluorescente cada componente tiene una vida útil diferente que debe ser reemplazada cada cierto tiempo, en las luminarias Led este remplazo en ocasiones no puede ser por piezas ya que todas estas pueden formar una sola pieza lo que implica que se tenga que reemplazar completa lo que implica un costo mucho mayor. Ver tabla 8.

Tabla 8, Costo total anual por luminaria sustitución 1 a 1 años faltantes no se requiere inversión por mantenimiento

año	1	8	10	12	15	total en 15 años	Acumulado
<b>costo de la energía</b>							
Lámpara T8	\$7,579.87	\$10,315.16	\$11,264.41	\$12,301.02	\$14,037.50	\$157,540.46	\$217,451.68
compacto fluorescente	\$2,882.56	\$3,922.76	\$4,283.75	\$4,677.97	\$5,338.34	\$59,911.22	
tii TD143K-36DW176 (1x4)	\$4,263.68	\$5,802.28	\$6,336.23	\$6,919.32	\$7,896.10	\$88,616.51	\$138,368.87
tii TD1224K-36DW152 (2x2)	\$2,393.78	\$3,257.60	\$3,557.38	\$3,884.75	\$4,433.14	\$49,752.36	
<b>costo de mantenimiento</b>							
Lámpara T8	\$59,400.00	\$3,376.35	\$7,610.85	\$0.00	\$0.00	\$70,387.20	\$100,752.20
compacto fluorescente	\$27,625.00	\$2,740.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$30,365.00	
tii TD143K-36DW176 (1x4)	\$68,913.22	\$0.00	\$0.00	\$68,913.22	\$0.00	\$137,826.44	\$253,404.17
tii TD1224K-36DW152 (2x2)	\$57,788.86	\$0.00	\$0.00	\$57,788.86	\$0.00	\$115,577.73	
<b>costo acumulado(inversión inicial + mantenimiento + costo energía)</b>							
Lámpara T8	\$66,979.87	\$13,691.51	\$18,875.26	\$12,301.02	\$14,037.50	\$227,927.66	\$318,203.88
compacto fluorescente	\$30,507.56	\$6,662.76	\$4,283.75	\$4,677.97	\$5,338.34	\$90,276.22	
tii TD143K-36DW176 (1x4)	\$73,176.90	\$5,802.28	\$6,336.23	\$75,832.54	\$7,896.10	\$226,442.95	\$391,773.04
tii TD1224K-36DW152 (2x2)	\$60,182.64	\$3,257.60	\$3,557.38	\$61,673.61	\$4,433.14	\$165,330.09	
<b>costo total anual</b>							
Instalado	\$97,487.43	\$20,354.27	\$23,159.01	\$16,978.98	\$19,375.84	\$318,203.88	
Led sustitucion 1 a 1	\$133,359.54	\$9,059.87	\$9,893.61	\$137,506.15	\$12,329.24	\$391,773.04	
				diferencia		-\$73,569.16	
				Ahorro		-23.12%	

Los costos anuales por energía mantenimiento y el costo acumulado, al ser el sistema led más costo en su instalación inicial y tener que ser sustituido por completo al final de su vida útil para este modelo de luminaria led la sustitución 1 a 1 no se recomienda, la gráfica de la ilustración 18, muestra que al final de la vida útil del sistema led se tiene que hacer una reinversión igual a la inicial ya que no se puede realizar un mantenimiento programado para estas luminarias.

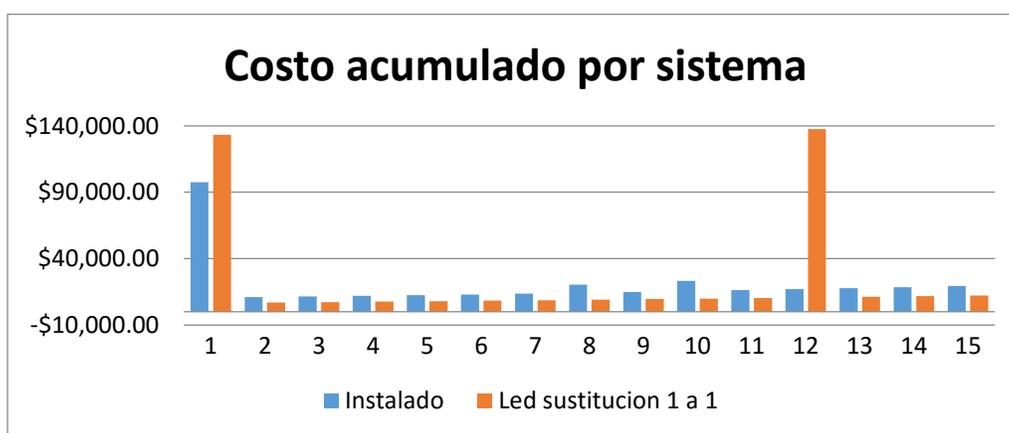


Ilustración 18, comparación sustitución 1 a 1

Además del inconveniente de volver a instalar todas las luminarias de nuevo no existe un retorno de inversión para la sustitución 1 a 1 lo que hace esto inviable para este modelo de luminario led en

particular, se tendría que buscar un luminario led que cumpla este propósito y realizar de nuevo este ejercicio.

### Comparación en luminarias T8 y Led Sistema Nuevo

El flujo luminoso de las luminarias LED es mayor que el de las luminarias T8 por lo que el sistema nuevo requiere de un menor número de luminarias que el de un sistema T8.

Tabla 9, Sistema led Nuevo

Modelo de Luminaria	Tecnología	Consumo	1 Lámpara	Sistema	Potencia Instalada	Uso Horario
		W	W		Kw	horas
Lámpara T8	t8	67.2	32	45	3.02	8
compacto fluorescente		46	23	25	1.15	8
tii TD143K-36DW176 (1x4)	Led	37.8	37.8	9	0.34	8
tii TD1224K-36DW152 (2x2)	Led	38.2	38.2	10	0.38	8
tii TD224K-50DW240 (2x4)	led	51.7	51.7	20	1.03	8

Tabla 10, sistema led Nuevo, continuación

Modelo de Luminaria	Consumo Diario	costo diario	costo anual	costo del sistema diario	costo del sistema anual	Ahorro	CO2 emitido	
	kWh	\$	\$	\$	\$		kg/CO <sub>2e</sub>	
Lámpara T8	24.192	\$34.45	\$7,579.87	\$47.56	\$10,462.43	\$6,060.39	2341.7856	3232.3456
compacto fluorescente	9.2	\$13.10	\$2,882.56				890.56	
tii TD143K-36DW176 (1x4)	2.7216	\$3.88	\$852.74	\$20.01	\$4,402.04	57.93%	263.45088	1360.00128
tii TD1224K-36DW152 (2x2)	3.056	\$4.35	\$957.51				295.8208	
tii TD224K-50DW240 (2x4)	8.272	\$11.78	\$2,591.79				800.7296	
							diferencia	1872.34432
							Reducción	57.93%

Al utilizarse una menor cantidad de luminarias el ahorro en consumo de energía es mucho mayor siendo casi del 60 % en comparación del 36 % de la sustitución 1 a 1 tablas 9 y 10, además de que las emisiones de CO<sub>2</sub> también disminuyen al no consumir la misma cantidad de energía eléctrica.

Tabla 11, Costo total anual por luminaria sistema led Nuevo, años faltantes no se requiere inversión por mantenimiento

año	1	8	10	12	15	total en 15 años	Acumulado
<b>costo de la energía</b>							
Lámpara T8	\$7,579.87	\$10,315.16	\$11,264.41	\$12,301.02	\$14,037.50	\$157,540.46	\$217,451.68
compacto fluorescente	\$2,882.56	\$3,922.76	\$4,283.75	\$4,677.97	\$5,338.34	\$59,911.22	
tii TD143K-36DW176 (1x4)	\$852.74	\$1,160.46	\$1,267.25	\$1,383.86	\$1,579.22	\$17,723.30	
tii TD1224K-36DW152 (2x2)	\$957.51	\$1,303.04	\$1,422.95	\$1,553.90	\$1,773.26	\$19,900.94	
tii TD224K-50DW240 (2x4)	\$2,591.79	\$3,527.07	\$3,851.65	\$4,206.10	\$4,799.86	\$53,868.00	
<b>costo de mantenimiento</b>							
Lámpara T8	\$59,400.00	\$3,376.35	\$7,610.85	\$0.00	\$0.00	\$70,387.20	\$100,752.20
compacto fluorescente	\$27,625.00	\$2,740.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$30,365.00	
tii TD143K-36DW176 (1x4)	\$13,782.64	\$0.00	\$0.00	\$13,782.64	\$0.00	\$27,565.29	
tii TD1224K-36DW152 (2x2)	\$13,724.86	\$0.00	\$0.00	\$13,724.86	\$0.00	\$27,449.71	
tii TD224K-50DW240 (2x4)	\$46,231.09	\$0.00	\$0.00	\$46,231.09	\$0.00	\$92,462.18	
<b>costo acumulado(inversión inicial + mantenimiento + costo energía)</b>							
Lámpara T8	\$66,979.87	\$13,691.51	\$18,875.26	\$12,301.02	\$14,037.50	\$227,927.66	\$318,203.88
compacto fluorescente	\$30,507.56	\$6,662.76	\$4,283.75	\$4,677.97	\$5,338.34	\$90,276.22	
tii TD143K-36DW176 (1x4)	\$14,635.38	\$1,160.46	\$1,267.25	\$15,166.51	\$1,579.22	\$45,288.59	
tii TD1224K-36DW152 (2x2)	\$14,682.37	\$1,303.04	\$1,422.95	\$15,278.75	\$1,773.26	\$47,350.65	
tii TD224K-50DW240 (2x4)	\$48,822.89	\$3,527.07	\$3,851.65	\$50,437.19	\$4,799.86	\$146,330.18	
<b>costo total anual</b>	<b>1</b>	<b>8</b>	<b>10</b>	<b>12</b>	<b>15</b>		
instalado	\$97,487.43	\$20,354.27	\$23,159.01	\$16,978.98	\$19,375.84	\$318,203.88	
Led sistema nuevo	\$78,140.63	\$5,990.57	\$6,541.85	\$80,882.46	\$8,152.34	\$238,969.43	
					diferencia	\$79,234.45	
					Ahorro	24.90%	

Al realizar los costos acumulados de energía, mantenimiento e inversión inicial por un periodo de 15 años se obtuvo un ahorro de 25% en el sistema led comprado con el sistema T8, Además de la reducción de 60% esta opción se propone para edificios nuevos o remodelaciones edificios, además de que existe un retorno de inversión a los 8 años teniendo un ahorro de económico por la energía y el mantenimiento durante los 4 años restantes de la vida útil de la luminaria.

Al comparar gráficamente esto en la ilustración 19, se ve un pico al sustituir nuevamente las luminarias led a los 12 años, cosa que no ocurre con el sistema fluorescente.

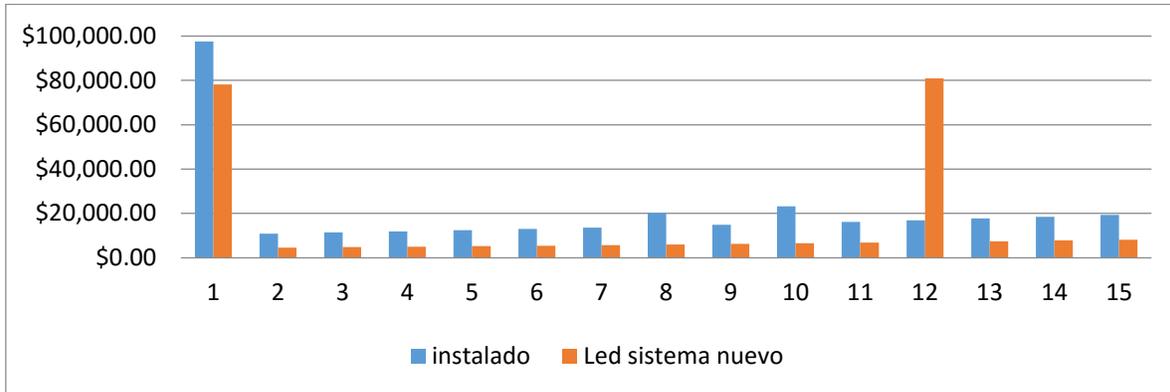


Ilustración 19, Comparación Sistema led Nuevo

Al realizarse la comparación del costo acumulado por sistema se obtiene la siguiente gráfica ilustración 20.

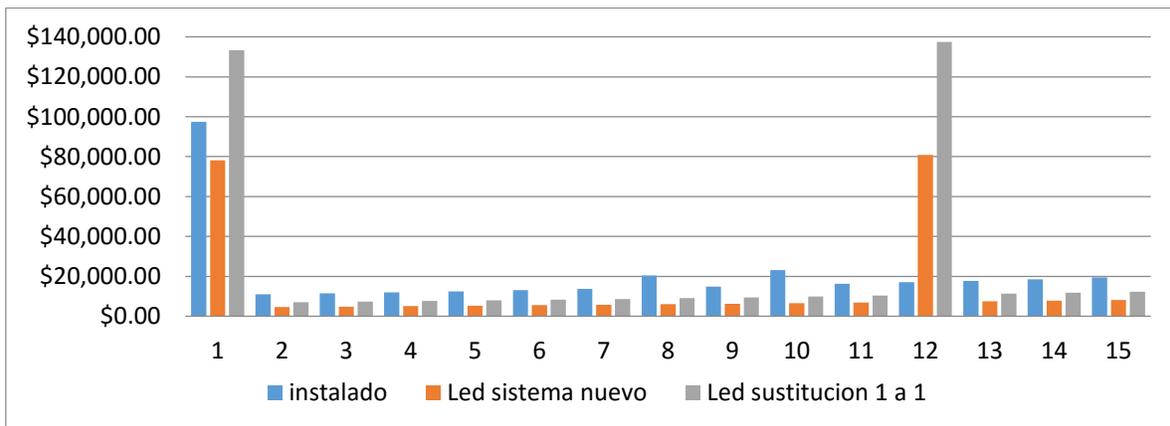


Ilustración 20, Comparación de los tres sistemas

Se ve claramente que al realizarse una sustitución 1 a 1 la inversión inicial es mucho mayor que continuar con el sistema de luminarias T8, en cambio el sistema de led nuevo tiene una inversión inicial menor, que los otros sistemas.

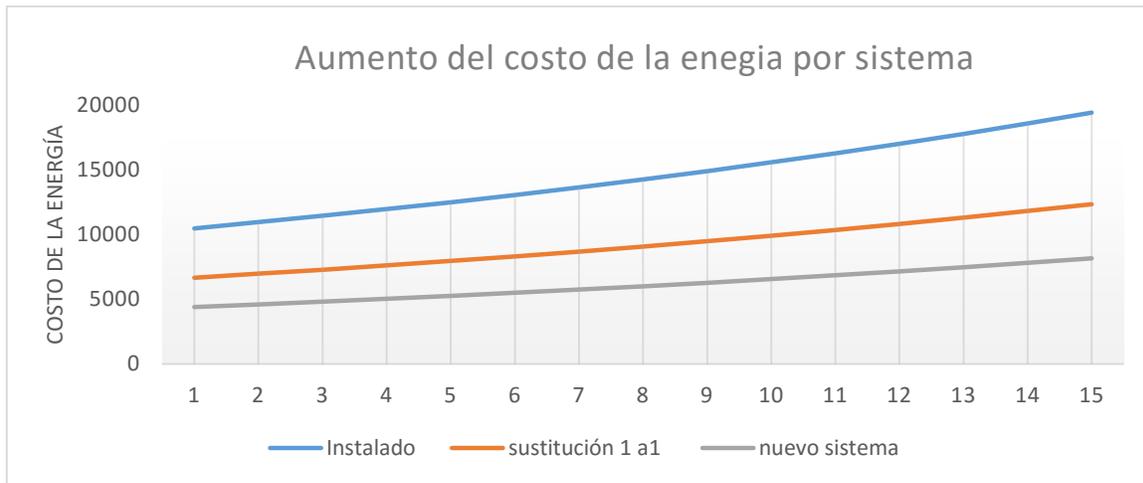


Ilustración 21, Costo de la energía por sistema

Comparando el costo de la energía para cada uno de los sistemas el sistema nuevo de luminarias led es claramente más económico y eficiente con el uso de la energía, lo cual cumple con el objetivo de este ejercicio de comparación.

### Resultados Obtenidos

Al realizarse este ejercicio se vio que los beneficios ecológicos de la sustitución 1 a 1 son buenos pero al no existir un retorno de inversión para este tipo de luminaria led lo hace inviable en instalaciones existentes donde es mejor realizar el mantenimiento de las luminarias T8 existentes, en cambio al realizarse una remodelación o instalación nueva con tecnología led el retorno de inversión y la reducción considerable de emisiones hace que esta tecnología toma una gran importancia en estos casos además de que se cumple con el objetivo planteado por la Ley de Aprovechamiento Sustentable de Energía, cumpliendo con los requerimientos que la UNAM tiene en iluminación para sus diferentes edificios y las normas NOM-007-ENER-2004 Eficiencia energética en sistemas de alumbrado en edificios no residenciales, NOM-025-STPS-2008 Condiciones de iluminación en los centros de trabajo.

## Actualización de la Norma Oficial Universitaria de Instalaciones Eléctricas (NOUIE)

La Norma Oficial Universitaria de Instalaciones Eléctricas tiene como objetivo estandarizar los criterios de las diferentes dependencias la UNAM como Facultades, Institutos, Museos, Oficinas, etc., así como el de los contratistas que ganen las licitaciones de los diferentes proyectos, tomando como base la Norma Oficial Mexicana vigente en este momento NOM-001-SEDE-2012, además de establecer los requerimientos de instalación que requiere la UNAM en base a la experiencia de los Directores de las diferentes áreas de la DGOyC.

Este nuevo documento tiene por nombre Norma Oficial Universitaria de Instalaciones Eléctricas, en la cual participe en las juntas de actualización como observador además de revisar que los artículos a los cuales se hace referencia en esta actualización se encontraran vigentes o que cambios fueron realizados en esta.

La versión anterior de la Norma Oficial Universitaria de Instalaciones Eléctricas fue desarrollada por la Facultad de Ingeniería de la UNAM, como el Proyecto de Ahorro de Energía PAEFI-02-09 el 21 de septiembre de 2009 siendo la NOM-001-SEDE-2005 la que se encontraba en vigencia en ese momento, esta NOUIE 2009 constaba de 14 capítulos:

1. Presentación.
2. Alumbrado.
3. Receptáculos.
4. Motores.
5. Circuitos derivados.
6. Alimentadores Generales.
7. Sistemas de Emergencia.
8. Tableros de Baja tensión.
9. Subestaciones.
10. Sistemas de Tierras.
11. Sistemas de Pararrayos.
12. Métodos de Instalación.
13. Especificaciones.
14. Bibliografía.

Algunos de los cambios realizados en la actualización de la norma NOM-001-SEDE-2012 fue el cambio de terminamos como el de contactos y caballos de fuerza (C.F.) por el de receptáculos y Horse Power (H.P.) de la NOM-001-SEDE-2005, los cambios en las referencias a los artículos en la NOUIE son como los siguientes:

#### 5.2 Artículos mínimos requeridos de la NOM-001-SEDE-2005.

- Clasificación. (210-3)
- Circuitos derivados multiconductores. (210-4)
- Identificación de tensión de los circuitos derivados. (210-5)
- Limitaciones de tensión de los circuitos derivados. (210-6)
- **Receptáculos y conectores para cordones. (210-7)**
- Protección de las personas mediante interruptores de circuito por falla a tierra. (210-8)
- Conductores de fase derivados de sistemas de puesta a tierra. (210-10)

#### 5.2 Artículos mínimos requeridos de la NOM-001-SEDE-2012.

- Clasificación. (210-3)
- Circuitos derivados multiconductores. (210-4)
- Identificación de tensión de los circuitos derivados. (210-5)
- Limitaciones de tensión de los circuitos derivados. (210-6)
- **Circuitos derivados múltiples (210-7)**
- Protección de las personas mediante interruptores de circuito por falla a tierra. (210-8)
- Conductores de fase derivados de sistemas de puesta a tierra. (210-10)

Además de agregarse mapas y tablas en algunos capítulos para facilitar la selección o la instalación nuevos equipos, por ejemplo el mapa de isodensidad de rayos a tierra de la NMX-J-569-ANCE-2005 Sistema de protección contra tormentas eléctricas, especificaciones, materiales y métodos de medición, realizado por el IIE figura 22 y la tabla 12 de potencia y tensión de motores



Ilustración 22, mapa Isocerámico de México, periodo de 1983 a 1993 realizado por el IIE y la CFE, NMX-J-569-ANCE-2005,

Tabla 12, Potencia y tensión de motores

Potencia del motor kW (CP)	Tension Diseño de motor (Volts)	Tension del Sistema (Volts)	Frecuencia (Hertz)	Fases
Menor de 0.746 (1.0)	115,220	120,220	60	1 o 3
Actuadores de valvulas (todas las potencias)	220, 460	220, 480	60	3
De 0.746 (1.0) Hasta 130,55 (175)	460	480	60	3
De 149.2 (200) Hasta 1,492 (2,000)	4,000	4,160	60	3
Mayores de 1,492 (2,000)	13,200	13,800	60	3

Ambos con el objetivo de ayudar con la selección de los componentes necesarios para su correcto funcionamiento en un sistema de tierras o en motores de inducción de jaula de ardilla y síncronos, según las características del sitio y la instalación.

### Resultados obtenidos.

Durante mi servicio social se revisaron 11 de los 14 capítulos, en los cuales ayude en la revisión y actualización del texto que se revisó durante las juntas, se espera que los jefes de departamento de las diferentes áreas de la DGOyC, aprueben y publiquen esta norma en 2015, para que entre en aplicación para las obras nuevas y remodelaciones en los edificios pertenecientes a la UNAM.

## Conclusiones

Al desarrollar diferentes actividades, en una dependencia como la DGOyC, aprendí como se realiza el trabajo un equipo multidisciplinario en el que participan Ingenieros, Arquitectos y Contadores para el desarrollo de propuestas de obras, comparación de equipos y actualización de normas, además de poder poner en práctica mis conocimientos adquiridos durante mi formación escolar, como el factor de potencia, factor de demanda, diagramas unifilares, funcionamiento de motores monofásicos y trifásico, la planeación de sistemas de generación de energía.

Durante la propuesta del campo fotovoltaico observe el trabajo que implica la colocación de un campo solar como conseguir el sitio adecuado, la comparación técnica de los equipos a instalar, las Normas y leyes locales y Federales que se deben de cumplir, la procedencia de los equipos, la obra civil, la inversión total del proyecto, el retorno de inversión y los beneficios que implica una obra propuesta de este tamaño, ya que los beneficios y el retorno de inversión son los puntos más importantes para la toma de decisiones, ya que si los beneficios son más importantes que el retorno de inversión se puede considerar construir o no una obra, si esta no tiene retorno de inversión o este es muy largo, en cambio si los beneficios no justifican esta inversión y el retorno de inversión es muy largo o inexistente la propuesta no se desarrolla, por eso al realizarse un proyecto se debe de buscar el mayor beneficio con el menor costo para que este pueda realizarse. En el caso del campo fotovoltaico la generación de energía justifica su construcción al tener un retorno de inversión menor a la vida útil de los componentes y su mantenimiento es también bajo, además de los beneficios económicos, sociales y ambientales que este genera. El problema principal fue la ubicación en el techo del edificio principal de la Unidad de Posgrado ya que su geometría circular ocasionaba sombras para las inclinaciones de  $19^\circ$ , al cambiar de ubicación y colocarlos sobre el techo del estacionamiento permitió agruparlos mucho mejor y separarlos para prevenir el efecto de las sombras ocasionadas por los otros paneles, y reducir la distancia de los paneles con una de las dos subestaciones, reduciendo la cantidad de cable de cobre para su colocación, además de dar sombra a los autos debajo de los paneles. La propuesta se aceptó dentro de los planes de la DGOyC, pero aún no se la ha asignado presupuesto para su construcción en el tiempo que este texto fue escrito.

En el caso de las luminarias el ejercicio sirvió de ejemplo para ver que la tecnología led es muy recomendable para ser instalada desde su planeación, para las lámparas de la empresa Tii lo más conveniente es una instalación nueva debido a la inversión inicial muy alta que estas implican, para la sustitución 1 a 1 con leds, se tendría realizar un experimento similar utilizando otras luminarias led pensadas con este fin y que ya existen en el mercado, en este caso a diferencia del campo solar los beneficios por el cambio de tecnología no se comparan con la inversión que se debe realizar para utilizar las luminarias de esta marca, además de su alto costo inicial se debe buscar la autorización de los usuarios de cada dependencia siendo estos, Facultad, Instituto de Investigación u otras dependencias para que aprueben dicho cambio, lo cual hace más complicado la aceptación de este sistema si la persona responsable no encuentra atrayente esta tecnología ya sea por lo nueva o prejuicios que la persona o institución tenga, además de estos el retorno de inversión es una parte fundamental que puede ayudar a que esta se implemente o no.

El participar en las juntas de la actualización de la NOUIE me permitió trabajar con un grupo de ingenieros y arquitectos con muchos años de experiencia y de sus experiencias durante las instalaciones eléctricas y de la forma en que se aplican las normas y se realizan éstas en los diferentes inmuebles, estas sesiones se realizaban una vez por semana en la que participaban diferentes de jefes de la DGOyC, durante estas juntas aprendí y comprendí lo importante que es cumplir con las normas para el correcto funcionamiento de la instalación, la seguridad y los costos que esto representa, la forma en que se realizaron las juntas fue muy sencillo y practico puesto que no tomaban mucho tiempo, se leía la norma anterior y punto por punto se argumentaba si debía continuar o no en la siguiente norma y si cumplía con la nueva NOM-001-SEDE-2012 y en base en esto se realizaban las correcciones, uno de los puntos que más se trató y en el que se busca hacer conciencia en los directores de las diferentes Facultades y Dependencias es el mantenimiento preventivo de las instalaciones, ya que mucho del mantenimiento que se realiza en la UNAM es de tipo correctivo este cuesta más ya que se tienen que solucionar diferentes problemas, y el tiempo que tienen para este limitado pues se realiza durante fines de semana o vacaciones administrativas junto con el mantenimiento de otras áreas, siendo el presupuesto compartido para varias de estas actividades cosa que resulta insuficiente en la mayoría de los casos, y este mantenimiento correctivo se realiza por etapas, además de aclarar en esta nueva NOUIE el mantenimiento preventivo tiene que

ser realizado por el usuario de la obra, y tiene la responsabilidad de informar a la DGOyC de los cambios realizados. Dado que la DGOyC resguarda mucha de la información de los edificios como los planos es importante tener esta información actualizada, otro problema que surgió en estas juntas es lo complicado que resulta para la DGOyC el seguimiento de obras realizados por otras dependencias, un ejemplo de este es la Instalación de la Red de 23 kV realizado por la Facultad de Ingeniería, lo que ellos me comentaban es la dificultad que tiene la DGOyC al momento de recibir las subestaciones nuevas por parte de la Facultad de Ingeniería ya que tienen que realizar un levantamiento en sitio de los equipos instalados y verificar las conexiones realizadas con los planos y verificar que estas cumplan con las normas señaladas para cada una. Además de escuchar diferentes experiencias en otras obras tanto dentro y fuera de C.U. y de los problemas y las soluciones que se realizaron en estas.

En general me gustó mucho esta experiencia en la DGOyC, es un grupo de trabajo muy agradable en el que se ve la participación de un equipo multidisciplinario que trabaja para lograr sus objetivos, el problema que vi es en su mayoría administrativo ya que muchos proyectos toman bastante tiempo en aprobados o rechazados y la falta de comunicación entre esta dependencia con las demás como son las facultades, e institutos que realizan investigaciones o proyectos de construcción como una forma de adquirir una mayor cantidad de información e ideas que son vista por parte de los usuarios de las obras y que son pasados por alto durante la planeación, esta retroalimentación ayudaría mucho en los nuevos proyectos.

## Bibliografía

### Normas Oficiales Mexicanas

NOM-001-SEDE-1999	Instalaciones eléctricas (Utilización)
NOM-001-SEDE-2005	Instalaciones eléctricas (Utilización)
NOM-001-SEDE-2012	Instalaciones eléctricas (Utilización)
NOM-022-STPS- 2008	Electricidad estática en los centros de trabajo-condiciones de seguridad
NOM-007-ENER-2004	Eficiencia energética en sistemas de alumbrado en edificios no residenciales.
NOM-025-STPS-2008	Condiciones de iluminación en los centros de trabajo
NMX-J-569-ANCE-2005	Sistema de protección contra tormentas eléctricas, especificaciones, materiales y métodos de medición

### Normas Universitarias

NORMA PAEFI-UNAM	Actualización de la Norma Oficial Universitaria, Instalaciones Eléctricas, Proyecto de Ahorro de Energía, Facultad de Ingeniería UNAM (2009)
NUDIE-02-IE-99	Secretaría administrativa Dirección general de Obras y servicios generales. (1999). Normas Universitarias de Diseño, Ingeniería electromecánica. Ciudad de México: UNAM.

### Leyes, Resoluciones y Anexos

Ley Para El Aprovechamiento Sustentable De La Energía, Diario Oficial De La Federación, México, 28-11-2008
Disposiciones Generales Para Regular El Acceso De Nuevos Proyectos De Generación De Energía Eléctrica Con Energías Renovables O

---

	Cogeneración Eficiente A La Infraestructura De Transmisión De La Comisión Federal De Electricidad., Diario Oficial, México, 29-06-2011
	Normas De Distribución – Construcción – Instalaciones Aéreas En Media Y Baja Tensión Trazos Y Libramientos, CFE, México
	Contrato De Interconexión Para Fuente De Energía Renovable O Sistema De Cogeneración En Mediana Escala, Diario Oficial, México, 8-04-2010
	Prospectiva De Energías Renovables 2012-2026, Secretaria De Energía SENER, México, 2012
RES/119/2012	Resolución Por La Que La Comisión Reguladora De Energía Expide Las Reglas Generales De Interconexión Al Sistema Eléctrico Nacional Para Generadores O Permisionarios Con Fuentes De Energías Renovables O Cogeneración Eficiente, Diario Oficial, Comisión Reguladora de Energía, México, 22-05-12
Anexo E-RMT	Características De Los Equipos De Medición Y Comunicación., Diario Oficial, México, 8-04-2010
Anexo E-RDT	Requisitos Técnicos Para La Interconexión, Diario Oficial, México, 8-04-2010
Anexo 3	Requerimientos Técnicos Para Interconexión De Centrales Solares Fotovoltaicas Al Sistema Eléctrico Nacional, CFE, 28-06-2

## Anexo A Marco Teórico, Tablas e Ilustraciones

## Marco Teórico Campo Fotovoltaico

### Funcionamiento de un panel solar

El panel solar es un dispositivo que transforma la energía solar lumínica en energía eléctrica, mediante el efecto fotovoltaico, este efecto se presenta cuando un fotón de luz, transmite su energía a un electrón y este genera una corriente eléctrica, un panel fotovoltaico está compuesto por un grupo de celdas fotoeléctrica para “generar” energía eléctrica, conectadas en serie para aumentar la tensión de salida del panel hasta un valor deseado y estas a su vez con otros circuitos en paralelo para aumentar la corriente eléctrica, el panel transforma la energía solar en energía eléctrica de corriente continua, para poder ser utilizada y conectarse a red eléctrica se requiere de un inversor de CD a CA.

El panel está formado por dos capas de materiales semiconductores dopados de materiales **tipo n** y **tipo p**, siendo el silicio el semiconductor más utilizado, la capa superior de la celda tiene al silicio dopado de material tipo n la cual tiene un exceso de electrones, la capa inferior es de silicio dopado con materiales tipo p que tiene exceso de huecos o falta de electrones, el material tipo n sede un electrón al material tipo p, generando un flujo de electrones (corriente eléctrica) al ser golpeado por un fotón de luz.

Las celdas de silicio más utilizadas en paneles fotovoltaicos son:

- **Silicio monocristalino** estas celdas están compuestas por un solo cristal de silicio, son de un color azul oscuro uniforme, debido a que es un solo cristal es el más complicado de fabricar y más costoso de los tres, tiene además la mayor eficiencia.
- **Silicio Policristalino** son celdas compuestas por muchos cristales pequeños de silicio, se puede notar una diferencia de color en las celdas, llamado “efecto de escamas metálicas”, su fabricación es sencilla y económica que las celdas monocristalinas.
- **Silicio Amorfo** son las más fáciles de fabricar y económicas de las tres, tienen la menor eficiencia, estas celdas son utilizadas en dispositivos como relojes y calculadoras.

Las celdas fotovoltaicas están contenidas en una estructura de aluminio, en la parte superior un cristal templado que permite el paso de la luz solar sobre una capa de EVA (etileno y acetato de vinilo, polímero capaz de soportar temperaturas extremas, flexible y transparente que permite el paso de la energía solar) que sostiene a las celdas, y una caja de conexiones que tiene en su interior diodos de potencia como protección para corriente inversa en el panel.

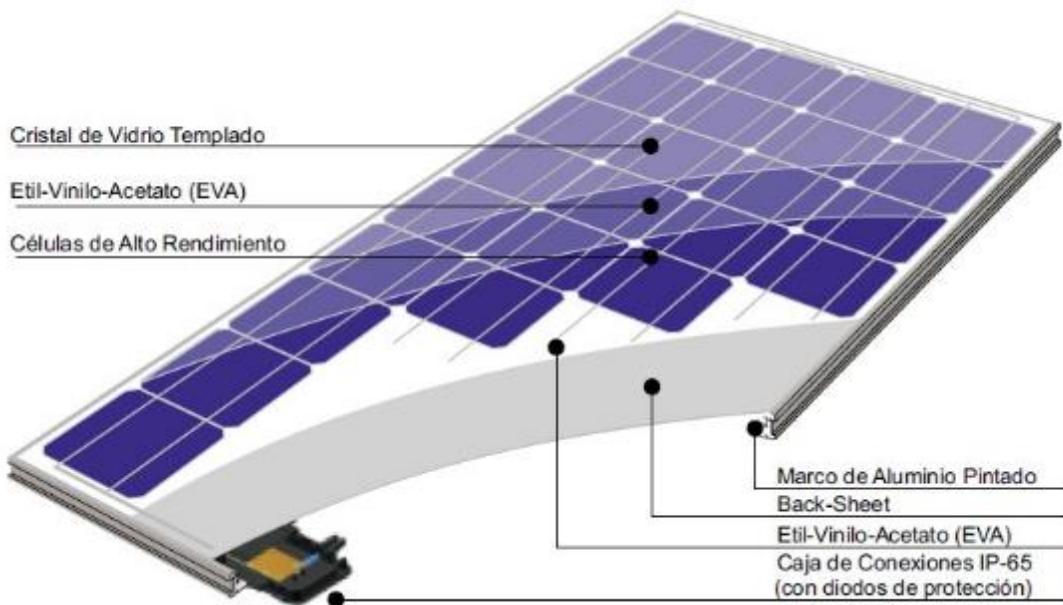


Ilustración 23, componentes de un panel solar

## Radiación solar

La irradiancia es la magnitud utilizada para medir la potencia incidente por unidad de superficie, para todo tipo de onda electromagnética.

$$I = \frac{P_{inc}}{A_s}$$

$P_{inc}$  es la potencia incidente.

$A_s$  es el área de la superficie en que incide la onda.

En el sistema internacional de unidades se mide como  $W/m^2$ , siendo la constante solar de  $1353 W/m^2$  según la NASA, para la energía promedio solar que llega a la superficie de la tierra.

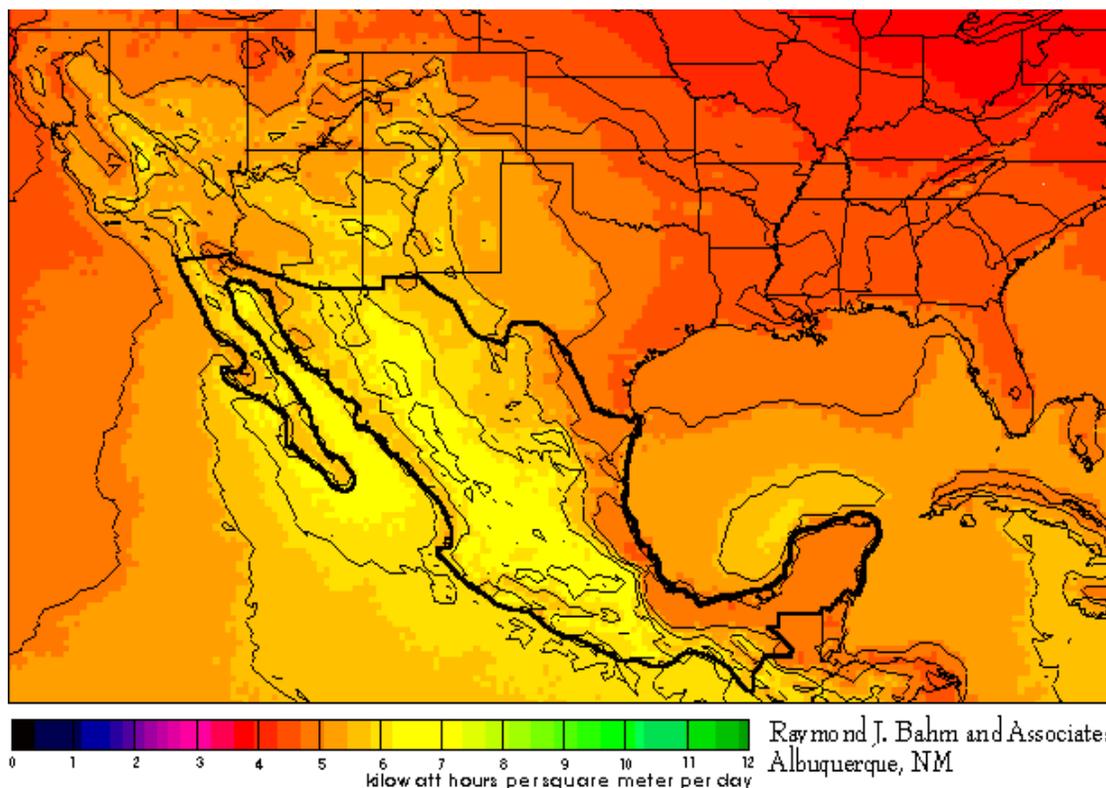


Ilustración 24, kilowatt hora por metro cuadrado al día, Raymond J. Bahn and Associates Albuquerque, NM.

Tabla 13, Monthly averaged radiation incident on an equator-pointed tilted surface (KWh/m<sup>2</sup>/day) NASA

**Monthly Averaged Radiation Incident On An Equator-Pointed Tilted Surface (kWh/m<sup>2</sup>/day)**

Lat 19.335 Lon -99.19	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Annual Average
SSE HRZ	4.78	5.73	6.55	6.50	6.24	5.60	5.51	5.42	4.95	4.92	4.80	4.49	5.45
K	0.62	0.66	0.67	0.61	0.57	0.51	0.50	0.51	0.49	0.55	0.61	0.61	0.57
Diffuse	1.18	1.27	1.49	1.96	2.24	2.37	2.37	2.28	2.10	1.71	1.28	1.14	1.79
Direct	6.58	7.40	7.68	6.54	5.71	4.62	4.48	4.48	4.22	5.15	6.28	6.32	5.78
Tilt 0	4.74	5.68	6.47	6.38	6.21	5.57	5.48	5.31	4.88	4.87	4.77	4.34	5.39
Tilt 4	5.00	5.90	6.61	6.41	6.16	5.61	5.51	5.31	4.93	5.00	5.00	4.57	5.50
Tilt 19	5.77	6.51	6.87	6.29	5.79	5.59	5.46	5.13	4.96	5.33	5.68	5.29	5.72
Tilt 34	6.23	6.76	6.77	5.85	5.14	5.30	5.15	4.73	4.77	5.38	6.04	5.71	5.64
Tilt 90	4.84	4.49	3.47	2.17	1.75	2.43	2.29	1.83	2.35	3.33	4.51	4.46	3.15
DPT	6.34	6.76	6.88	6.41	6.21	5.63	5.52	5.31	4.98	5.39	6.10	5.81	5.94
OPT ANG	46.0	36.0	22.0	6.00	0.00	10.0	8.00	1.00	14.0	29.0	43.0	46.0	21.6

NOTE: Diffuse radiation, direct normal radiation and tilted surface radiation are not calculated when the clearness index (K) is below 0.3 or above 0.8.

Parameter Definition

Notas:

- 1 Los datos obtenidos pertenecen a la base de datos de la NASA.
- 2 Se considera la inclinación de 19° de inclinación del panel con respecto al norte para la captación de irradiación solar.
- 3 No se considera la irradiación óptima por los factores de contaminación, nubosidad, precipitaciones, etc.

La radiación promedio por día en ciudad universitaria es de 5.39 kWh/m<sup>2</sup>/día según datos de la NASA

## Interconexión a la red

La CFE tiene contemplado la interconexión de sistemas fotovoltaicos, eólicos, cogeneración y biomasa según la capacidad instalada de generación siendo en baja tensión para sistemas con tensión menor a 1 kV y potencia instalada menor o igual a 10 kW para uso residencial y de 30 kW para servicio de uso general en baja tensión, y en media tensión para tensiones mayores a 1 kV y menores a 69 kV en el punto de interconexión y tengan una capacidad de generación mayor a 30 kW y menor a 500 kW, para sistemas mayores a 500 kW se requiere de un permiso de generación por parte de la Comisión Reguladora de Energía CRE, además de la potencia instalada y el nivel de tensión para cada uno de los casos se deben respetar rangos de frecuencias, nivel de armónicas, y factor de potencia que pide la CFE para tener un control de calidad la energía adecuado.

Para media a tensión en el punto de interconexión es mayor a 1 kV y menor a 69 kV, y tener una capacidad instalada mayor a 30 kW y menor a 500 kW. Además de cumplir con las condiciones de baja tensión debe cubrir otras como:

- protecciones en baja tensión
- protecciones para sobre tensión
- Protección para baja frecuencia
- Protección para sobre frecuencia
- Relevadores de sobrecorriente de fase y tierra
- Protección de sobre corriente instantáneo.

Para instalaciones mayores se debe tener un permiso como pequeño generador de energía por parte de la CRE además de estar sujeto a diferentes pruebas y condiciones que establece la CFE para el correcto funcionamiento del campo fotovoltaico.

Sistema con panel SUNPOWER CON 19° de inclinación.

Tabla 14, Generación de energía Panel SUNPOWER inclinación 19°, radiación base de datos de la NASA pág.6

Sistema de generación fotovoltaica							
Panel SUNPOWER 315E							
Datos generales							
Eficiencia de los módulos	19.30%	Generación de watts por panel	315 watts	Generación de watts por sistema	150,000.00 watts	m2 por panel	1.65 m2
Eficiencia del inversor	95.90%	Número de paneles	476.19 paneles	Generación de kwh/día	813.27 kWh	m2 de sup. De captación	783.51 m2
Caida de voltaje	2.00%					m2 de sup. De sistema	1,018.57 m2

Análisis de generación de energía eléctrica por mes:

Radiación incidente promedio al mes en un superficie con 19° de inclinación en la zona del edificio de obras de Ciudad Universitaria

Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Radiación (kWh/m2/día)	5.77	6.51	6.87	6.29	5.79	5.59	5.46	5.13	4.96	5.33	5.68	5.29

Energía eléctrica generada al día promedio por mes de la instalación de 30kWp en el sitio ya mencionado, considerando que el área necesaria es de sería cerca de 213.20 m2, dependiendo este valor eficiencia del módulo

Área de la instalación **783.51 m2**

Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Promedio diario
Energía (kWh/día)	820.02	925.19	976.35	893.92	822.86	794.44	775.96	729.07	704.90	757.49	807.23	751.80	813.27

Se puede llevar acabo a partir de estos datos un análisis de la generación de energía por mes y una suma anual de la misma

Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Promedio anual
Energía al mes (kWh/mes)	25,420.64	25,905.26	29,290.51	27,711.58	24,685.89	24,627.62	24,054.88	22,601.02	21,147.15	23,482.15	24,216.90	23,305.92	24,704.13

**Generación anual**  
296,449.50 kW

Calculo de energía por día:

(Área instalada\*Radiación)\*Eficiencia panel\* eficiencia inversor\*(1-caida de tensión)

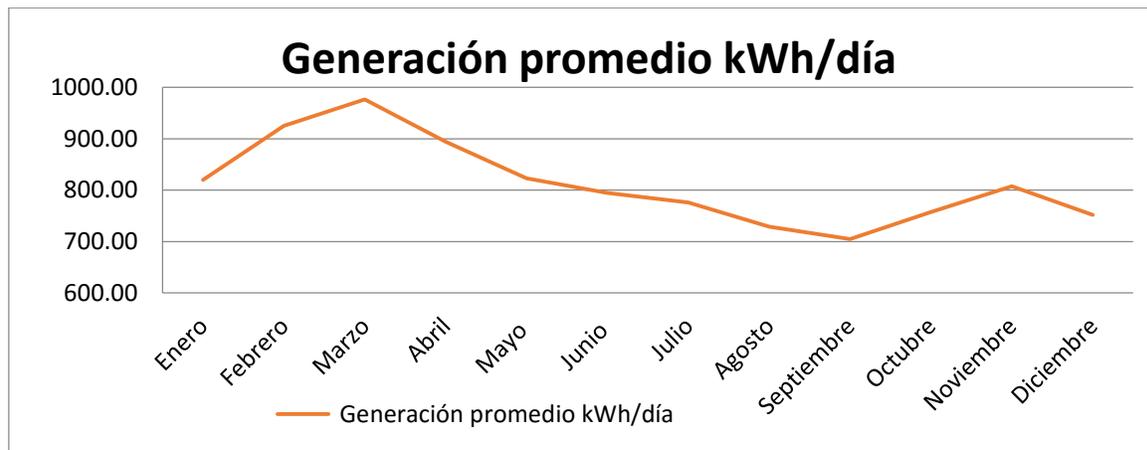


Ilustración 25, Generación promedio por día Panel SUNPOWER 19°

Promedio diario de generación	813.27 kWh/día
Promedio mensual de generación	24,704.13 kWh/mes
Generación anual	296,449.5 kWh → 296.45 MWh

Sistema con panel SUNPOWER CON 0° de inclinación.

Tabla 15, Generación de energía Panel SUNPOWER inclinación 0°, radiación base de datos de la NASA pág.6

Sistema de generación fotovoltaica							
Panel SUNPOWER 315E							
Datos generales							
Eficiencia de los módulos	19.30%	Generación de watts por panel	315 watts	Generación de watts por sistema	150,000.00 watts	m2 por panel	1.65 m2
Eficiencia del inversor	95.90%	Número de paneles	476.19 paneles	Generación de kwh/día	766.25 kWh	m2 de sup. De captación	783.51 m2
Caida de voltaje	2.00%					m2 de sup. De sistema	1,018.57 m2

Análisis de generación de energía eléctrica por mes

Radiación incidente promedio al mes en un superficie con 0° de inclinación en la zona del edificio de obras de Ciudad Universitaria

Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Radiación (kWh/m2/día)	4.74	5.68	6.47	6.38	6.21	5.57	5.48	5.31	4.88	4.87	4.77	4.34

Energía eléctrica generada al día promedio por mes de la instalación de 30 kWp en el sitio ya mencionado, considerando que el área necesaria es de sería cerca de 213.20 m2, dependiendo este valo eficiencia del módulo

Área de la instalación **783.51 m2**

Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Promedio diario
Energía (kWh/día)	673.64	807.23	919.50	906.71	882.55	791.60	778.81	754.65	693.54	692.11	677.90	616.79	766.25

Se puede llevar acabo a partir de estos datos un análisis de la generación de energía por mes y una suma anual de la misma

Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Promedio anual
Energía al mes (kWh/mes)	20,882.81	22,602.44	27,585.09	28,108.09	26,476.57	24,539.51	24,143.00	23,394.03	20,806.07	21,455.55	20,337.08	19,120.55	23,287.56

**Generación anual**

279,450.77 kW

Calculo de energía por día:

(Área instalada\*Radiación)\*Eficiencia panel\* eficiencia inversor\*(1-caida de tensión)

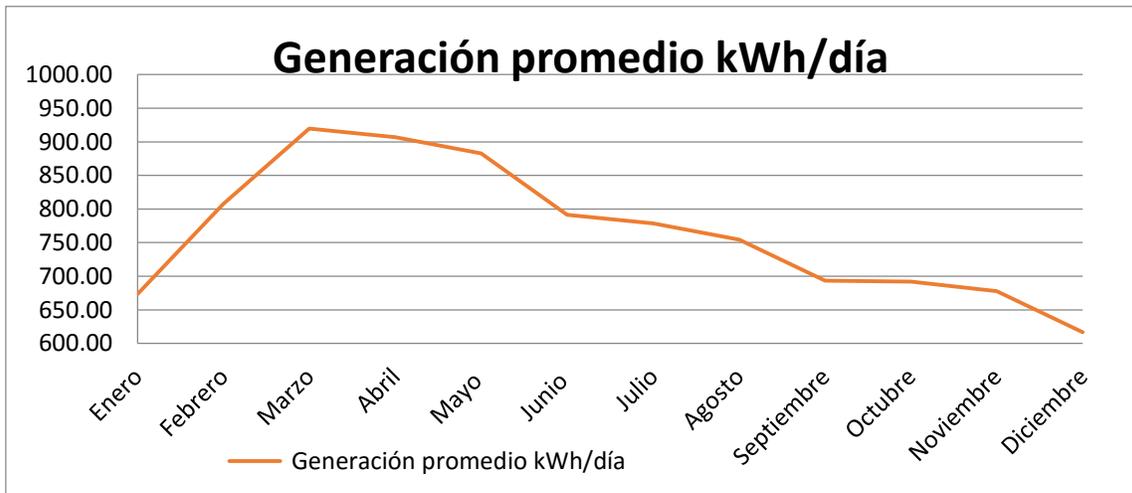


Ilustración 26, Generación promedio por día Panel SUNPOWER 0°

Promedio diario de generación	766.25 kWh/día	
Promedio mensual de generación	23,287.56 kWh/mes	
Generación anual	279,450.77 kWh	→ 279.45 MWh

Sistema con panel KYOCERA KD250 CON 19° de inclinación.

Tabla 16, Generación de energía Panel KYOCERA DK250 inclinación 19°, radiación base de datos de la NASA pág.6

Sistema de generación fotovoltaica							
Panel KYOCERA KD250							
Datos generales							
Eficiencia de los módulos	15.00%	Generación de watts por panel	250 watts	Generación de watts por sistema	150,000.00 watts	m2 por panel	1.64 m2
Eficiencia del inversor	95.90%	Número de paneles	600.00 paneles	Generación de kwh/día	795.84 kWh	m2 de sup. De captación	986.52 m2
Caida de voltaje	2.00%					m2 de sup. De sistema	1,282.48 m2

Análisis de generación de energía eléctrica por mes:

Radiación incidente promedio al mes en un superficie con 19° de inclinación en la zona del edificio de obras de Ciudad Universitaria

Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Radiación (kWh/m2/día)	5.77	6.51	6.87	6.29	5.79	5.59	5.46	5.13	4.96	5.33	5.68	5.29

Energía eléctrica generada al día promedio por mes de la instalación de 30 kWp en el sitio ya mencionado, considerando que el área necesaria es de sería cerca de 213.20 m2, dependiendo este valo eficiencia del módulo

Área de la instalación 986.52 m2

Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Promedio diario
Energía (kWh/día)	802.45	905.36	955.43	874.77	805.23	777.42	759.34	713.44	689.80	741.26	789.93	735.69	795.84

Se puede llevar acabo a partir de estos datos un análisis de la generación de energía por mes y una suma anual de la misma

Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Promedio anual
Energía al mes (kWh/mes)	24,875.93	25,350.17	28,662.88	27,117.78	24,156.93	24,099.91	23,539.44	22,116.73	20,694.02	22,978.98	23,697.99	22,806.53	24,174.77

**Generación anual**  
290,097.27 kW

Calculo de energía por día:

$(\text{Área instalada} * \text{Radiación}) * \text{Eficiencia panel} * \text{eficiencia inversor} * (1 - \text{caída de tensión})$

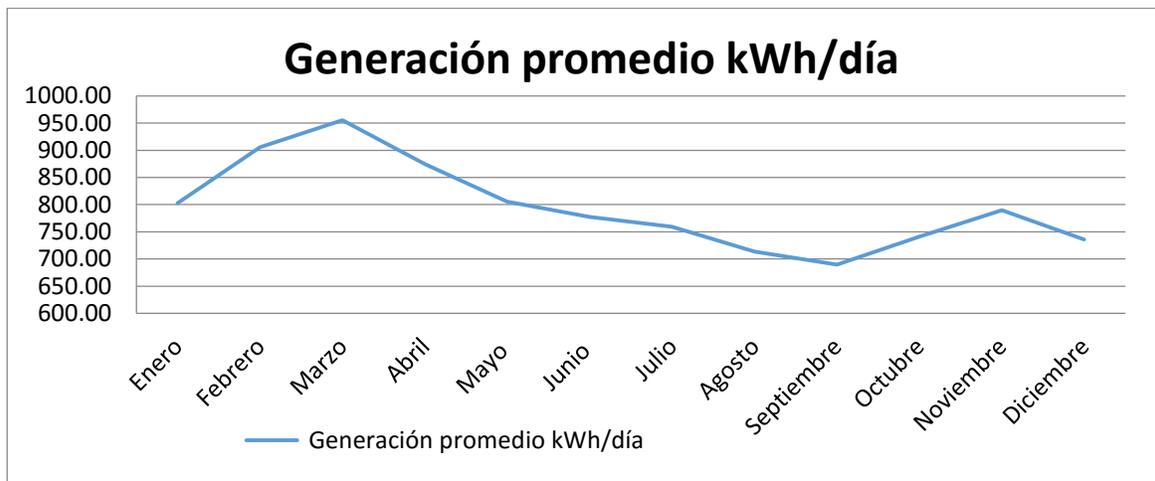


Ilustración 27, Generación promedio por día Panel KYOCERA KD250 19°

Promedio diario de generación	795.84 kWh/día	
Promedio mensual de generación	24,174.77 kWh/mes	
Generación anual	290,097.27 kWh	→ 290.1 MWh

Sistema con panel KYOCERA KD250 CON 0° de inclinación.

Tabla 17, Generación de energía Panel KYOCERA DK250 inclinación 0°, radiación base de datos de la NASA pág.6

Sistema de generación fotovoltaica							
Panel KYOCERA KD250							
Datos generales							
Eficiencia de los módulos	15.00%	Generación de watts por panel	250 watts	Generación de watts por sistema	150,000.00 watts	m2 por panel	1.64 m2
Eficiencia del inversor	95.90%	Número de paneles	600.00 paneles	Generación de kwh/día	749.83 kWh	m2 de sup. De captación	986.52 m2
Caída de voltaje	2.00%					m2 de sup. De sistema	1,282.48 m2

Análisis de generación de energía eléctrica por mes:

Radiación incidente promedio al mes en un superficie con 0° de inclinación en la zona del edificio de obras de Ciudad Universitaria

Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Radiación (kWh/m2/día)	4.74	5.68	6.47	6.38	6.21	5.57	5.48	5.31	4.88	4.87	4.77	4.34

Energía eléctrica generada al día promedio por mes de la instalación de 30 kWp en el sitio ya mencionado, considerando que el área necesaria es de sería cerca de 213.20 m2, dependiendo este valor de la eficiencia del módulo

Área de la instalación 986.52 m2

Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Promedio diario
Energía (kWh/día)	659.20	789.93	899.80	887.28	863.64	774.63	762.12	738.48	678.67	677.28	663.38	603.58	749.83

Se puede llevar acabo a partir de estos datos un análisis de la generación de energía por mes y una suma anual de la misma

Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Promedio anual
Energía al mes (kWh/mes)	20,435.34	22,118.12	26,994.01	27,505.80	25,909.24	24,013.68	23,625.67	22,892.75	20,360.24	20,995.80	19,901.30	18,710.84	22,788.57

**Generación anual**  
273,462.79 kW

Calculo de energía por día:

$$(\text{Área instalada} * \text{Radiación}) * \text{Eficiencia panel} * \text{eficiencia inversor} * (1 - \text{caída de tensión})$$

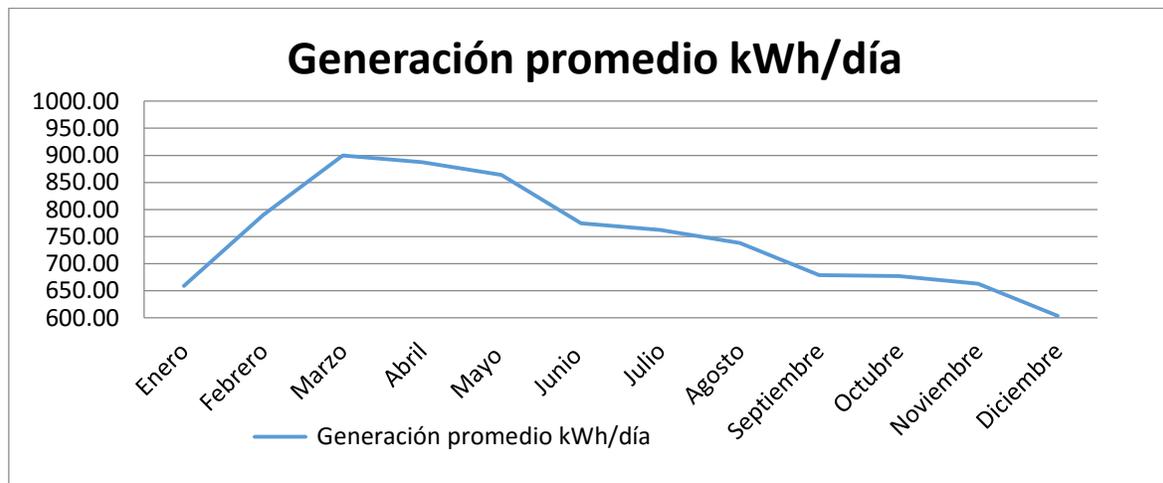


Ilustración 28, Generación promedio por día Panel KYOCERA KD250 0°

Promedio diario de generación	749.83 kWh/día	
Promedio mensual de generación	22,788.57 kWh/mes	
Generación anual	273,462.79 kWh	→ 273.46 MWh

## Conexión de los paneles

### Arreglo en Serie

El arreglo serie en los paneles fotovoltaicos se utiliza para sumar el nivel de tensión y mantener la misma cantidad de corriente que circula en los paneles.

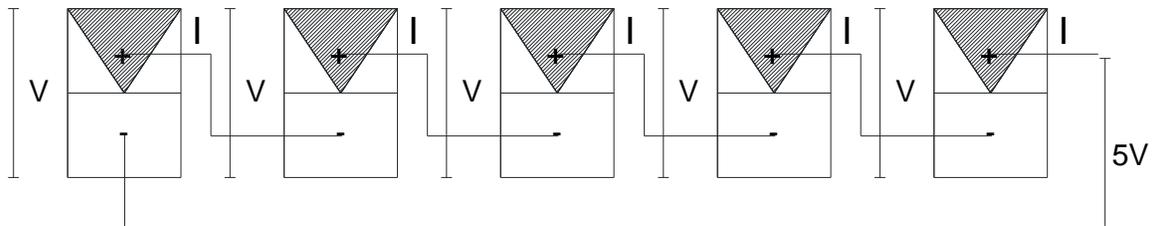


Ilustración 29, Arreglo en serie de paneles Fotovoltaicos

### Arreglo en serie

- La tensión de cada elemento se suma
- La corriente es constante

### Arreglo en Paralelo

El arreglo paralelo se utiliza para aumentar el nivel de corriente entre los paneles conectados y tener el mismo valor de tensión.

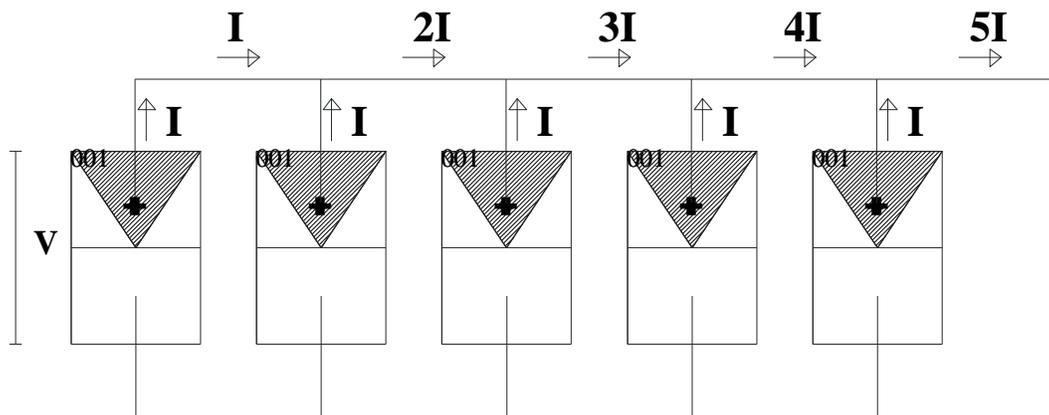


Ilustración 30, Arreglo en paralelo de paneles Fotovoltaicos

### Arreglo en paralelo

- La tensión es contante
- La corriente de cada elemento se suma

### Costos por Sistema

La DGOyC realiza tablas de costos para la instalación de equipos en las cuales se incluye la mano de obra, costo unitario de los equipos, etc., estas tablas me fueron proporcionadas por mi jefe inmediato

#### Sistema con panel SUNPOWER

	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Total
Suministro y colocación de cadena de desplante en lecho alto de losa de azotea, con dimensiones de 30 cms. de alto por 20 cms. de ancho, el precio incluye: suministro y colocación de anclaje marca HILTI, HSV 1/2x4 1/2 @ 40cms. De separación, armado de elemento con varillas del #3 y estribos de alambón @ 20 cms. de separación.	ml	1152	\$286.00	\$329,472.00
Suministro y colocación de tierra física, el precio unitario incluye: Tubos de descarga al vacío para cada una de las series de módulos fotovoltaicos instalados en azotea, instalación y conexión a tierra, mano de obra, herramienta, pruebas y todo lo necesario para su correcta ejecución	lote	12	\$1,529.75	\$18,357.00
Suministro e instalación de conductor eléctrico calibre #8 para conexión de caja de conexión a inversores en corriente directa y de inductor a tablero en corriente alterna.	ml	457.28	\$23.22	\$10,618.04
Suministro e instalación de conductor eléctrico calibre #10 para conexión de paneles a caja de conexión en corriente directa y de inductor a tablero en corriente alterna.	ml	1008	\$13.65	\$13,759.20
Suministro e instalación de conductor eléctrico calibre #10 para conexión a tierra física.	ml	228.64	\$13.65	\$3,120.94
Suministro y colocación de canaleta para conductores eléctricos, el precio incluye: montaje de canalización a una altura de 90 cms. como mínimo, pasos a través de pretiles, fijación a losa, recortes y desperdicios	ml	228.64	\$201.67	\$46,109.83

Suministro y colocación de soportería para conductores eléctricos bajo lecho de paneles fotovoltaicos a canalización general, el precio incluye: montaje, mano de obra, herramienta, nivelación, recortes y desperdicios y todo lo necesario para su correcta instalación.	ml	252	\$122.00	\$30,744.00
Suministro e instalación de módulo fotovoltaico marca Sunpower, modelo SPR-315E-WHT-D que tiene una tensión y corriente de salida de 54.7 V y 5.76 Amperes.	Pza.	470	\$7,339.72	\$3,449,668.40
Suministro e instalación de inversor de conexión a red Inversor marca FRONIUS modelo CL 60.0, eficiencia de conversión de 95.9%, con una corriente máxima de entrada de 280.2 A y tensión máxima de entrada de 600 V, corriente máxima de salida 87.0 A y tensión de salida en tres fases 3~NPE 400/230 V.	Pza.	3	\$40,351.52	\$121,054.56
Suministro e instalación de caja de conexión marca ADVANCED ENERGY de 16 combinaciones en prisionero y corta corriente de 15 A por conector y 240 A en conjunto	Pza.	12	\$7,000.00	\$84,000.00
Suministro e instalación de estructura de soporte para paneles fotovoltaicos en aluminio con tornillería en acero inoxidable, para instalarse en azotea en una superficie aproximada de 770 m2, el precio incluye: mano de obra, herramienta, colocación y todo lo necesario para su correcta instalación.	Pza.	470	\$1,644.99	\$773,145.30
Suministro e instalación de gabinete con interruptor termo magnético entre inversores y centro de carga en baja tensión, el precio unitario incluye: mano de obra, insumos, herramienta, colocación y todo lo necesario para su correcta instalación.	Pza.	3	\$20,656.00	\$61,968.00

Subtotal \$4,942,017.27

IVA \$5,732,740.03

Tipo de cambio 1 USD a 13.0549 MXN 1 de abril 2014 (Banco de México)

El costo por metro cuadrado de instalación es de \$3,498.97.

Costo por watt instalado \$38.22 MXN (\$2.93 USD)

## Sistema con panel KYOCERA

	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Total
Suministro y colocación de cadena de desplante en lecho alto de losa de azotea, con dimensiones de 30 cms. de alto por 20 cms. de ancho, el precio incluye: suministro y colocación de anclaje marca HILTI, HSV 1/2x4 1/2 @ 40cms. De separación, armado de elemento con varillas del #3 y estribos de alambón @ 20 cms. de separación.	ml	2400	\$286.00	\$686,400.00
Suministro y colocación de tierra física, el precio unitario incluye: Tubos de descarga al vacío para cada una de las series de módulos fotovoltaicos instalados en azotea, instalación y conexión a tierra, mano de obra, herramienta, pruebas y todo lo necesario para su correcta ejecución	lote	12	\$1,529.75	\$18,357.00
Suministro e instalación de conductor eléctrico calibre #8 para conexión de caja de conexión a inversores en corriente directa y de inversor a tablero en corriente alterna.	ml	457.28	\$23.22	\$10,618.04
Suministro e instalación de conductor eléctrico calibre #10 para conexión de paneles a caja de conexión en corriente directa y de inversor a tablero en corriente alterna.	ml	1008	\$13.65	\$13,759.20
Suministro e instalación de conductor eléctrico calibre #10 para conexión a tierra física.	ml	228.64	\$13.65	\$3,120.94
Suministro y colocación de canaleta para conductores eléctricos, el precio incluye: montaje de canalización a una altura de 90 cms. como mínimo, pasos a través de pretilas, fijación a losa, recortes y desperdicios	ml	228.64	\$201.67	\$46,109.83
Suministro y colocación de soportería para conductores eléctricos bajo lecho de paneles fotovoltaicos a canalización general, el precio incluye: montaje, mano de obra, herramienta, nivelación, recortes y desperdicios y todo lo necesario para su correcta instalación.	ml	252	\$122.00	\$30,744.00

Suministro e instalación de módulo fotovoltaico marca Sunpower, modelo SPR-315E-WHT-D que tiene una tensión y corriente de salida de 54.7 V y 5.76 Amperes.	Pza.	600	\$7,339.72	\$4,403,832.00
Suministro e instalación de inversor de conexión a red Inversor marca FRONIUS modelo CL 60.0, eficiencia de conversión de 95.9%, con una corriente máxima de entrada de 280.2 A y tensión máxima de entrada de 600 V, corriente máxima de salida 87.0 A y tensión de salida en tres fases 3~NPE 400/230 V.	Pza.	3	\$40,351.52	\$121,054.56
Suministro e instalación de caja de conexión marca ADVANCED ENERGY de 16 combinaciones en prisionero y corta corriente de 15 A por conector y 240 A en conjunto	Pza.	12	\$7,000.00	\$84,000.00
Suministro e instalación de estructura de soporte para paneles fotovoltaicos en aluminio con tornillería en acero inoxidable, para instalarse en azotea en una superficie aproximada de 770 m2, el precio incluye: mano de obra, herramienta, colocación y todo lo necesario para su correcta instalación.	Pza.	600	\$1,644.99	\$986,994.00
Suministro e instalación de gabinete con interruptor termo magnético entre inversores y centro de carga en baja tensión, el precio unitario incluye: mano de obra, insumos, herramienta, colocación y todo lo necesario para su correcta instalación.	Pza.	3	\$20,656.00	\$61,968.00

Subtotal \$6,466,957.57

IVA \$7,501,670.78

Tipo de cambio 1 USD a 13.0549 MXN 1 de abril 2014 (Banco de México)

El costo por metro cuadrado de instalación es de \$3,694.15.

Costo por watt instalado \$50.01 MXN (\$3.83 USD)

Retorno de Inversión Panel SUNPOWER

Tabla 18, Retorno de Inversión Panel SUNPOWER, Tarifa H-M Julio de 2014 (Promedio diario anual)

Tarifa CFE						
Incremento anual estimado		\$1.4489 kW				
		4.46%				
Año	Precio por kW	Incremento anual	Generación anual	Ahorro por generación	Inversión inicial	Costo vs. ahorro
1	\$1.449	1.045	279,595.73	\$405,116.58	\$5,732,740.03	\$5,327,623.45
2	\$1.514	1.045	278,197.76	\$421,068.85	\$5,327,623.45	\$4,906,554.60
3	\$1.581	1.045	276,806.77	\$437,649.28	\$4,906,554.60	\$4,468,905.32
4	\$1.652	1.045	275,422.73	\$454,882.60	\$4,468,905.32	\$4,014,022.72
5	\$1.725	1.045	274,045.62	\$472,794.51	\$4,014,022.72	\$3,541,228.21
6	\$1.802	1.045	272,675.39	\$491,411.74	\$3,541,228.21	\$3,049,816.47
7	\$1.883	1.045	271,312.01	\$510,762.06	\$3,049,816.47	\$2,539,054.42
8	\$1.967	1.045	269,955.45	\$530,874.34	\$2,539,054.42	\$2,008,180.08
9	\$2.054	1.045	268,605.68	\$551,778.57	\$2,008,180.08	\$1,456,401.51
10	\$2.146	1.045	267,262.65	\$573,505.96	\$1,456,401.51	\$882,895.55
11	\$2.242	1.045	265,926.34	\$596,088.90	\$882,895.55	\$286,806.64
12	\$2.342	1.045	264,596.70	\$619,561.10	\$286,806.64	-\$332,754.45
13	\$2.446	1.045	263,273.72	\$643,957.55	-\$332,754.45	-\$976,712.01
14	\$2.555	1.045	261,957.35	\$669,314.67	-\$976,712.01	-\$1,646,026.68
15	\$2.669	1.045	260,647.56	\$695,670.27	-\$1,646,026.68	-\$2,341,696.95
16	\$2.788	1.045	259,344.33	\$723,063.68	-\$2,341,696.95	-\$3,064,760.63
17	\$2.912	1.045	258,047.61	\$751,535.76	-\$3,064,760.63	-\$3,816,296.40
18	\$3.042	1.045	256,757.37	\$781,128.98	-\$3,816,296.40	-\$4,597,425.38
19	\$3.178	1.045	255,473.58	\$811,887.50	-\$4,597,425.38	-\$5,409,312.88
20	\$3.320	1.045	254,196.21	\$843,857.19	-\$5,409,312.88	-\$6,253,170.08
21	\$3.468	1.045	252,925.23	\$877,085.76	-\$6,253,170.08	-\$7,130,255.84
22	\$3.622	1.045	251,660.61	\$911,622.77	-\$7,130,255.84	-\$8,041,878.60
23	\$3.784	1.045	250,402.30	\$947,519.74	-\$8,041,878.60	-\$8,989,398.34
24	\$3.953	1.045	249,150.29	\$984,830.22	-\$8,989,398.34	-\$9,974,228.56
25	\$4.129	1.045	247,904.54	\$1,023,609.88	-\$9,974,228.56	-\$10,997,838.44

Año de Retorno de inversión 12  
 Costo por Watt instalado \$38.22

Retorno de Inversión Panel KYOCERA

Tabla 19, Retorno de Inversión Panel KYOCERA Tarifa H-M Julio de 2014 (Promedio diario anual)

Tarifa CFE						
Incremento anual estimado		\$1.4489 kW				
		4.46%				
Año	Precio por kW	Incremento anual	Generación anual	Ahorro por generación	Inversión inicial	Costo vs. ahorro
1	\$1.449	1.045	274,791.27	\$398,155.21	\$7,501,670.78	\$7,103,515.57
2	\$1.514	1.045	272,043.36	\$411,753.81	\$7,103,515.57	\$6,691,761.76
3	\$1.581	1.045	269,322.92	\$425,816.84	\$6,691,761.76	\$6,265,944.92
4	\$1.652	1.045	266,629.69	\$440,360.19	\$6,265,944.92	\$5,825,584.72
5	\$1.725	1.045	263,963.40	\$455,400.26	\$5,825,584.72	\$5,370,184.47
6	\$1.802	1.045	261,323.76	\$470,954.00	\$5,370,184.47	\$4,899,230.47
7	\$1.883	1.045	258,710.53	\$487,038.96	\$4,899,230.47	\$4,412,191.51
8	\$1.967	1.045	256,123.42	\$503,673.29	\$4,412,191.51	\$3,908,518.23
9	\$2.054	1.045	253,562.19	\$520,875.74	\$3,908,518.23	\$3,387,642.48
10	\$2.146	1.045	251,026.56	\$538,665.73	\$3,387,642.48	\$2,848,976.75
11	\$2.242	1.045	248,516.30	\$557,063.32	\$2,848,976.75	\$2,291,913.42
12	\$2.342	1.045	246,031.14	\$576,089.26	\$2,291,913.42	\$1,715,824.16
13	\$2.446	1.045	243,570.82	\$595,765.02	\$1,715,824.16	\$1,120,059.14
14	\$2.555	1.045	241,135.12	\$616,112.78	\$1,120,059.14	\$503,946.37
15	\$2.669	1.045	238,723.77	\$637,155.49	\$503,946.37	-\$133,209.13
16	\$2.788	1.045	236,336.53	\$658,916.90	-\$133,209.13	-\$792,126.03
17	\$2.912	1.045	233,973.16	\$681,421.55	-\$792,126.03	-\$1,473,547.57
18	\$3.042	1.045	231,633.43	\$704,694.82	-\$1,473,547.57	-\$2,178,242.39
19	\$3.178	1.045	229,317.10	\$728,762.97	-\$2,178,242.39	-\$2,907,005.36
20	\$3.320	1.045	227,023.93	\$753,653.14	-\$2,907,005.36	-\$3,660,658.50
21	\$3.468	1.045	224,753.69	\$779,393.41	-\$3,660,658.50	-\$4,440,051.91
22	\$3.622	1.045	222,506.15	\$806,012.81	-\$4,440,051.91	-\$5,246,064.71
23	\$3.784	1.045	220,281.09	\$833,541.37	-\$5,246,064.71	-\$6,079,606.08
24	\$3.953	1.045	218,078.28	\$862,010.14	-\$6,079,606.08	-\$6,941,616.23
25	\$4.129	1.045	215,897.49	\$891,451.24	-\$6,941,616.23	-\$7,833,067.46

Año de Retorno de inversión 15  
 Costo por Watt instalado \$50.01

Lámparas fluorescentes

Estas lámparas tienen diferentes generaciones T12/T8/T5 todas ellas funcionan mediante la ionización de gas de mercurio y de un gas noble como el neón o el radón, para emitir luz blanca para iluminar un espacio, además de los tubos esta tecnología requiere de accesorios como el balastro, gabinete y difusor correspondiente al tubo. Cada uno de estos elementos tiene una vida útil diferente y su propio mantenimiento.

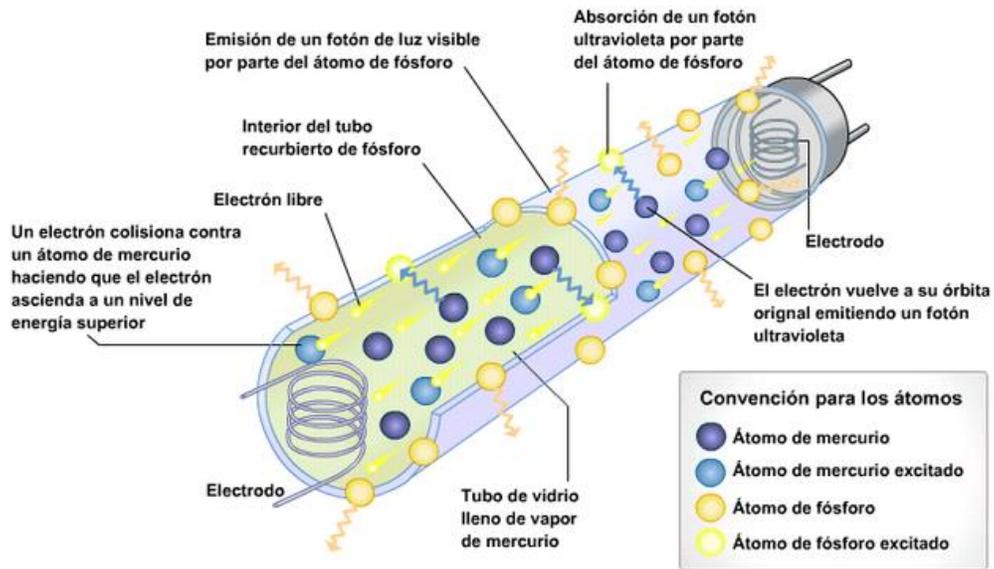


Ilustración 31, funcionamiento de una lámpara fluorescente



Ilustración 32, Tamaño de Lámparas Fluorescentes

Las diferentes tecnologías de lámparas fluorescentes como la T12, T8 y T5, son de diámetros y longitudes diferentes, y cuentan con diferentes tipos de conectores, además de que requieren de un balastro que puede ser electromagnético o electrónico, para su funcionamiento, las pérdidas del balastro pueden variar de 9.3 a 27.5% para el balastro electromagnético y la mayor al 5% en los electrónicos.



Ilustración 33, Balastro electromagnético izquierda, Balastro electrónico derecha

### Lámparas LED

Las tecnologías Led está basada en semiconductores para emitir luz en diferentes colores al hacer circular una corriente entre las impurezas del material tipo N y tipo P, este no contiene mercurio, su consumo de energía es mucho menor a las lámparas incandescentes y las lámparas fluorescentes con una capacidad lumínica similar además de tener tiempo de vida mayor, el mayor inconveniente de estas tecnologías es su costo inicial comparado con las otras.

El análisis consiste en comparar un sistema de lámparas T8 contra un sistema Led en sustitución 1 a 1 (lámpara por lámpara) para remodelación y de un sistema nuevo con menor cantidad de lámparas para su uso en una obra nueva.

Las lámparas Led son de la marca TII que fueron puestas a prueba por la DGOyC para probar su funcionamiento y si cumplen los requerimientos de iluminación de la UNAM.

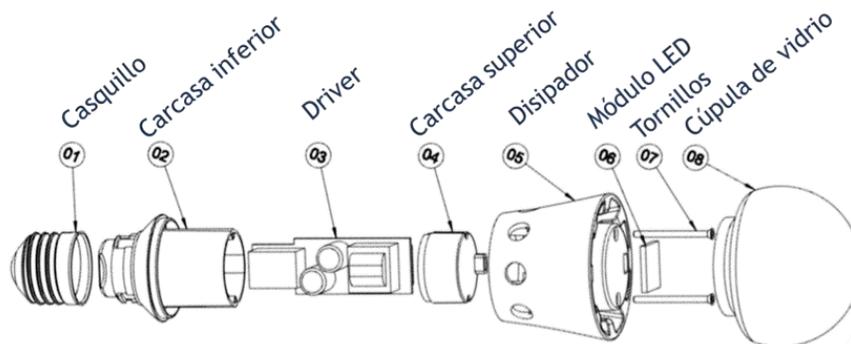


Ilustración 34, Componentes de una lámpara led

Luminaria Tii 2x4

fecha martes, 08 de abril de 2014

Local pasillo

Datos

Tecnología LEED'S  
 Marca **tii**  
 Modelo TD244K-50DW240  
 Voltaje 120-227 V  
 Factor de potencia 90.00%  
 Tiempo de vida 50,000 HRS.



Dimensiones

Largo 125.984 cms.  
 Ancho 62.992 cms.  
 Alto 9.4996 cms.

metros	luxes				
	0.5	1	1.5	2	2.5
5	522		611		523
4	415		510		480
3	330		337		248
2	257		315		282
1	357		491		419
0	501		585		489

luxes promedio 426.22  
 m<sup>2</sup> 12.5  
 luxes / m<sup>2</sup> 613.76  
 número de mediciones 18  
 nivel de medición piso  
 Consumo nominal por lámpara 51.70  
 Consumo nominal por local 103.40  
 D.P.E.A. 8.27

fecha martes, 08 de abril de 2014

Local pasillo (a altura de 90 cms., sobre banco)

A NIVEL DE SUPERFICIE DE TRABAJO

Datos

Tecnología LEED'S  
 Marca **tii**  
 Modelo TD244K-50DW240  
 Voltaje 120-227 V  
 Factor de potencia 90.00%  
 Tiempo de vida 50,000 HRS.



Dimensiones

Largo 125.984 cms.  
 Ancho 62.992 cms.  
 Alto 9.4996 cms.

medición 1

luxes				
856		911		828
761		845		778
655		657		615
617		643		612
784		812		735
887		893		896
0.5	1	1.5	2	2.5

luxes promedio 765.83  
 m<sup>2</sup> 12.5  
 luxes / m<sup>2</sup> 1102.8  
 número de mediciones 18  
 nivel de medición superficie de trabajo  
 Consumo nominal por lámpara 51.70  
 Consumo nominal por local 103.40  
 D.P.E.A. 8.27

Luminaria Tii 1x4

fecha martes, 08 de abril de 2014

Local Cubículo (UNA LÁMPARA)

Datos

Tecnología LEED'S  
 Marca **tii**  
 Modelo TD144K-36DW176  
 Voltaje 120-227 V  
 Factor de potencia 90.00%  
 Tiempo de vida 50,000 HRS.



1 x 4

Dimensiones

Largo 125.984 cms.  
 Ancho 32.512 cms.  
 Alto 9.4996 cms.

metros	luxes		
5			
4	148	156	123.8
3	215	235	185
2	432	538	356 N.S.T.
1	104	113	96
0			
	1	2	3

metros

luxes promedio 150.10  
 m<sup>2</sup> 12  
 luxes / m<sup>2</sup> 225.15  
 número de mediciones 12  
 nivel de medición piso  
 Consumo nominal por lámpara 37.80  
 Consumo nominal por local 37.80  
 D.P.E.A. 3.15

fecha martes, 08 de abril de 2014

Local Cubículo (DOS LÁMPARAS)

Datos

Tecnología LEED'S  
 Marca **tii**  
 Modelo TD144K-36DW176  
 Voltaje 120-227 V  
 Factor de potencia 90.00%  
 Tiempo de vida 50,000 HRS.



1 x 4

Dimensiones

Largo 125.984 cms.  
 Ancho 31.496 cms.  
 Alto 9.4996 cms.

metros

metros	luxes		
5			
4	414	445	337
3	433	496	405
2	510	680	523 N.S.T.
1	134	139	122
0			
	1	2	3

metros

luxes promedio 386.50  
 m<sup>2</sup> 8  
 luxes / m<sup>2</sup> 579.75  
 luxes / m<sup>2</sup> sobre superficie de trabajo 571  
 número de mediciones 12  
 nivel de medición piso  
 Consumo nominal por lámpara 37.80  
 Consumo nominal por local 75.60  
 D.P.E.A. 9.45

N.S.T. Nivel Superficie de Trabajo

Luminaria Tii 2x2

fecha **martes, 08 de abril de 2014**

Local **Cubículo (UNA LÁMPARA)**

**Datos**

Tecnología	LEED'S
Marca	<b>tii</b>
Modelo	TD224K-36DW152
Voltaje	120-227 V
Factor de potencia	90.00%
Tiempo de vida	50,000 HRS.
<b>Dimensiones</b>	
Largo	62.992 cms.
Ancho	62.992 cms.
Alto	9.4996 cms.



**2X2**

metros	luxes		
5			
4	316.33	215	
3	304	225.67	
2	<b>337.33</b>	<b>403.33</b>	<b>N.S.T.</b>
1	316	291	
0			
	1	2	3 metros

luxes promedio	301.08
m <sup>2</sup>	8
luxes / m <sup>2</sup>	301.0833333
número de mediciones	8
nivel de medición	piso
Consumo nominal por lámpara	38.20
Consumo nominal por local	38.20
D.P.E.A.	4.78

N.S.T. Nivel Superficie de Trabajo

Tabla 20, Sitios recomendados para las luminarias TII

Recomendaciones en áreas de:

Tipo de local	Nivel de luxes por Norma	
	NOUIE	STPS
<b>Docencia</b>		
1 Aulas	400	300
2 Bibliotecas (sala de lectura)	500	300
3 Laboratorios	500	500
4 Salas de cómputo	300	500
5 Salas de dibujo	600	500
6 Auditorios	400	
7 Auditorios para videoconferencias	800	

Administrativa		NOUIE	STPS
1	Oficinas	400	300
2	Salas de juntas	300	300
3	Salas de espera	200	100
4	Cubículos	300	
5	Auditorios	400	

Tabla 21, Sitios recomendados para las luminarias TII (continuación)

Investigación		NOUIE	STPS
1	Oficinas	400	300
2	Cubículos	300	
3	Laboratorios (sobre superficie de trabajo)	800	

**Nota:**

En auditorios para videoconferencias se recomienda la lámpara sobre área de transmisión

Luminaria T8

La luminaria T8 es la luminaria más común en los edificios de la UNAM, es utilizado en salones, pasillos, laboratorios, auditorios, etc., por esa razón es la que se va a tomar como comparación respecto a la tecnología Led.

Tabla 22, Características Luminaria fluorescente T8

INFO	CONCEPTO / TIPO LÁMPARA	T8 PHILIPS 139899 LUMINARIA TECNOLITE L-2104-1FO 2 X 32W
Datos luminaria	Grados Kelvin	4,100
	Flujo luminoso promedio lúmenes	2,950
	Eficiencia (Lúmenes/Watt)	92.2
	Índice de rendimiento de color	85
	Vida de lámparas promedio en ciclos de 12 horas	36,000
	Vida útil en años	8.9
	Balastro	ELECTRÓNICO
	Vida útil balastro hrs	40,000
	Vida útil balastro o Driver (años)	10
Datos de Proyecto	Cantidad de luminarias	1
	Consumo de luminaria con pérdidas de balastro (W)	70.40
	Tiempo de uso anual (horas)	4,050
	Carga total instalada (KW)	0.070
	Consumo anual (KW/hr)	285
	Porcentaje de ahorro en consumo	27.8%
	Consumo total en 10 años (KW/hr)	2,851
	Tarifa eléctrica promedio \$ - KW/hr	\$1.424
Costos	Costo lámparas \$ (2 piezas)	\$75.03
	Costo Balastro \$	\$169.13
	Costo de Difusor	\$50.00
	Costo de Gabinete	\$709.00
	Inversión inicial luminarias \$ (a)	\$1,003.16
	<b>Costo de LED'S</b>	
	Costo de Sistema de lentes (Difusor)	
	Carcasa y Marco	
	Fuente de alimentación (Driver)	
	Costo por energía tarifa intermedia (6-20 hrs) (87%) fecha de tarifa may-14 Costo \$1.304	\$323.49
	Costo por energía tarifa punta (20-22 hrs) (13%) fecha de tarifa may-14 Costo \$2.144	\$79.45
	Costo total por energía anual \$ (b)	\$402.94
	Costo total de propiedad \$ (a) + (b)	\$1,406.10
	Costos de mantenimiento en 10 años (lámparas y balastro)	\$494.21
	Inversión inicial + consumo de energía + mantenimiento	\$1,900.31
<b>Costos Acumulados a 10 años (Inversión inicial+Manto.+Costo de la energía)</b>	<b>\$5,276.73</b>	
Ahorro de energía anual \$	\$155.11	
Ahorro de energía a 10 años \$	\$1,551.10	

### Luminarias LED

Las luminarias led tienen el menor consumo que las lámparas fluorescentes, son mucho más compactos, no emiten ningún ruido, su tiempo de vida es mayor, y su costo se está reduciendo rápidamente por su penetración en el mercado, estas luminarias también se están comenzando a instalar en diferentes dependencias de la UNAM por sugerencia de la Facultad o Dependencia quien solicita la remodelación o una obra nueva. Luminaria Led marca Tii mod. TD143K-36DW176

Tabla 23, Características Luminaria led TII 1x4

INFO	CONCEPTO / TIPO LÁMPARA	LED'S tii 1x4 LUMINARIA tii TD143K-36DW176 1 X 37.80 W
Datos luminaria	Grados Kelvin	4,000
	Flujo luminoso promedio lúmenes	3,878
	Eficiencia (Lúmenes/Watt)	102.6
	Índice de rendimiento de color	85
	Vida de lámparas promedio en ciclos de 12 horas	50,000
	Vida útil en años	12.3
	Balastro	DRIVER
	Vida útil balastro hrs	50,000
	Vida útil balastro o Driver (años)	12
Datos de Proyecto	Cantidad de luminarias	1
	Consumo de luminaria con pérdidas de balastro (W)	37.80
	Tiempo de uso anual (horas)	4,050
	Carga total instalada (KW)	0.038
	Consumo anual (KW/hr)	153
	Porcentaje de ahorro en consumo	61.2%
	Consumo total en 10 años (KW/hr)	1,531
	Tarifa eléctrica promedio \$ - KW/hr	\$1.424
Costos	Costo lámparas \$ (2 piezas)	
	Costo Balastro \$	
	Costo de Difusor	
	Costo de Gabinete	
	Inversión inicial luminarias \$ (a)	\$1,569.48
	<b>Costo de LED'S</b>	\$453.05
	Costo de Sistema de lentes (Difusor)	\$505.67
	Carcasa y Marco	\$331.69
	Fuente de alimentación (Driver)	\$279.07
	Costo por energía tarifa intermedia (6-20 hrs) (87%) fecha de tarifa may-14 Costo \$1.304	\$173.69
	Costo por energía tarifa punta (20-22 hrs) (13%) fecha de tarifa may-14 Costo \$2.144	\$42.66
	Costo total por energía anual \$ (b)	\$216.35
	Costo total de propiedad \$ (a) + (b)	\$1,785.83
	Costos de mantenimiento en 10 años (lámparas y balastro)	\$0.00
	Inversión inicial + consumo de energía + mantenimiento	\$1,785.83
<b>Costos Acumulados a 10 años (Inversión inicial+Manto.+Costo de la energía)</b>	<b>\$3,733.00</b>	
Ahorro de energía anual \$	\$341.70	
Ahorro de energía a 10 años \$	\$3,416.99	

Comparación a 10 años

De estas tablas se realizó la comparación en un periodo de 10 años tomando en cuenta el mantenimiento, el costo de la energía y la inversión inicial.

Tabla 24, Tabla comparativa por tipo de luminaria

LUMINARIA	AÑOS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
T12	Inversión Inicial	1246									
	Mantenimiento lámparas				75			75			75
	Mantenimiento balastro					169				169	
	COSTO INV. INIC. + MANT.	1246	0	0	75	169	0	75	0	169	75
	Costo consumo de energía anual	558	558	558	558	558	558	558	558	558	558
	COSTO (INVERSIÓN+MANT.+CONSUMO)	1804	558	558	633	727	558	633	558	727	633
	COSTOS ACUMULADOS	1804	2362	2920	3553	4280	4838	5471	6029	6757	7390

LUMINARIA	AÑOS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
T-8	Inversión Inicial	1003									
	Mantenimiento lámparas								75		0
	Mantenimiento balastro					0				169	
	COSTO INV. INIC. + MANT.	1003	0	0	0	0	0	0	75	169	0
	Costo consumo de energía anual	403	403	403	403	403	403	403	403	403	403
	COSTO (INVERSIÓN+MANT.+CONSUMO)	1406	403	403	403	403	403	403	478	572	403
	COSTOS ACUMULADOS	1406	1809	2212	2615	3018	3421	3824	4302	4874	5277

LUMINARIA	AÑOS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
T-5	Inversión Inicial	2249									
	Mantenimiento lámparas								122		0
	Mantenimiento balastro					0				284	
	COSTO INV. INIC. + MANT.	2249	0	0	0	0	0	0	122	284	0
	Costo consumo de energía anual	353	353	353	353	353	353	353	353	353	353
	COSTO (INVERSIÓN+MANT.+CONSUMO)	2602	353	353	353	353	353	353	474	637	353
	COSTOS ACUMULADOS	2602	2955	3307	3660	4012	4365	4717	5192	5829	6181

LUMINARIA	AÑOS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
LED'S	Inversión Inicial	1569									
	Mantenimiento lámparas										
	Mantenimiento balastro										
	COSTO INV. INIC. + MANT.	1569	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Costo consumo de energía anual	216	216	216	216	216	216	216	216	216	216
	COSTO (INVERSIÓN+MANT.+CONSUMO)	1786	216	216	216	216	216	216	216	216	216
	COSTOS ACUMULADOS	1786	2002	2219	2435	2651	2868	3084	3300	3517	3733

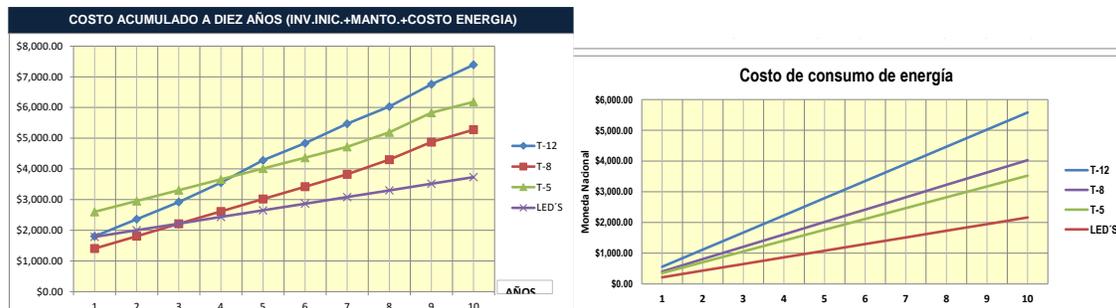


Ilustración 35, Gráficas de costos de acumulado y consumo de energía

Retorno de Inversión Por Sistema

Para el retorno de inversión de ambos casos, se realizaron las siguientes tablas.

Tabla 25, Costo de la energía y emisiones de CO2 por sistema

Sistema Actual

Luminaria	No. De Unidades	Costo (USD)	Costo (M.N.)	Costo por luminaria	Potencia Nominal	Potencia Instalada (Watts)	Consumo estimado diario (Watts)	Consumo estimado anual (Kw)	Costo por consumo energético	Generación de CO <sub>2e</sub> por uso de energía eléctrica convencional (Kg/CO <sub>2e</sub> )
T-8	45	\$0.00	\$1,320.00	\$59,400.00	67.2	3024	24,192.00	5,322.24 Kw	\$7,578.87	2,341.79
Fluorescente Compacta	25	\$0.00	\$1,105.00	\$27,625.00	54.6	1365	10,920.00	2,402.40 Kw	\$3,421.02	1,057.06
<b>Costo de sistema</b>				<b>\$87,025.00</b>	<b>Totales</b>	<b>4.39 kW</b>	<b>35.11 kW</b>	<b>7,724.64 kW</b>	<b>\$10,999.89</b>	<b>3,398.84</b>

Sistema Propuesto

Luminaria	No. De Unidades	Costo (USD)	Costo (M.N.)	Costo por luminaria	Potencia Nominal	Potencia Instalada (Watts)	Consumo estimado diario (Watts)	Consumo estimado anual (Kw)	Costo por consumo energético	Generación de CO <sub>2e</sub> por uso de energía eléctrica convencional (Kg/CO <sub>2e</sub> )
1X4	9	\$179.20	\$2,365.44	\$21,288.96	37.8	340.2	2,721.60	598.75 Kw	\$852.62	263.45
2X2	10	\$106.40	\$1,404.48	\$14,044.80	38.2	382	3,056.00	672.32 Kw	\$957.38	295.82
2X4	19	\$118.72	\$1,567.10	\$29,774.98	51.7	982.3	7,858.40	1,728.85 Kw	\$2,461.88	760.69
<b>Costo de sistema</b>				<b>\$65,108.74</b>	<b>Totales</b>	<b>1.70 kW</b>	<b>13.64 kW</b>	<b>2,999.92 kW</b>	<b>\$4,271.89</b>	<b>1,319.96</b>

cia económica por ahorro de energía **\$6,728.00**

Sistema por sustitución 1 a 1

Luminaria	No. De Unidades	Costo (USD)	Costo (M.N.)	Costo por luminaria	Potencia Nominal	Potencia Instalada (Watts)	Consumo estimado diario (Watts)	Consumo estimado anual (Kw)	Costo por consumo energético	Generación de CO <sub>2e</sub> por uso de energía eléctrica convencional (Kg/CO <sub>2e</sub> )
1X4	45	\$179.20	\$2,365.44	\$106,444.80	37.80	1,701.00	13,608.00	2,993.76 Kw	\$4,263.11	1,317.25
2X2	25	\$106.40	\$1,404.48	\$35,112.00	51.70	1,292.50	10,340.00	2,274.80 Kw	\$3,239.32	1,000.91
<b>Costo de sistema</b>				<b>\$141,556.80</b>	<b>Totales</b>	<b>2.99 kW</b>	<b>23.95 kW</b>	<b>5,268.56 kW</b>	<b>\$7,502.43</b>	<b>2,318.17</b>

cia económica por ahorro de energía **\$3,497.46**

Se utilizó la siguiente fórmula para calcular el retorno de inversión por sistema

PERIODO DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN (PRI)

$$\text{Fórmula: } \text{PRI} = B + \frac{(A-C)}{D}$$

Donde:

A= Inversión Inicial

B= Año inmediato anterior en que se recupera la inversión

C= Flujo de efectivo acumulado del año inmediato anterior en que se recupera la inversión

D= Flujo de efectivo del año en el que se recupera la inversión.

Sustitución 1 a 1

Tabla 26, Retorno de inversión sustitución 1 a 1 con Led

Inversión Inicial		Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	
Costo de inversión inicial Reinversión (Mantenimiento)	\$141,556.80	Flujo de efectivo	\$3,497.46	\$3,654.84	\$3,819.31	\$3,991.18	\$4,170.78	\$4,358.47	\$4,554.60
		Efectivo acumulado	\$3,497.46	\$7,152.30	\$10,971.61	\$14,962.79	\$19,133.58	\$23,492.05	\$28,046.65
Costo total de propiedad	\$141,556.80								

Tabla 27, Retorno de inversión sustitución 1 a 1 con Led continuación

Inversión Inicial		Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12	Año 13	Año 14	Año 15	
Costo de inversión inicial Reinversión (Mantenimiento)	\$141,556.80	Flujo de efectivo	\$4,759.56	\$4,973.74	\$5,197.56	\$5,431.45	\$5,675.86	\$5,931.27	\$6,198.18	\$6,477.10
		Efectivo acumulado	\$32,806.20	\$37,779.94	\$42,977.50	\$48,408.94	-\$87,472.00	-\$81,540.73	-\$75,342.54	-\$68,865.44
Costo total de propiedad	\$141,556.80									

**DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN (PRI) (SUSTITUC)**  
**PRI= NO HAY PERIODO DE RECUPERACIÓN**

Para el primer caso la sustitución 1 a 1 la inversión inicial del sistema led no permite que exista una recuperación de la inversión realizada.

Sistema nuevo LED

Tabla 28, Retorno de inversión sistema nuevo con Led

Inversión Inicial		Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	
Costo de inversión inicial Reinversión (Mantenimiento)	\$65,108.74	Flujo de efectivo	\$6,728.00	\$7,030.76	\$7,347.15	\$7,677.77	\$8,023.27	\$8,384.31	\$8,761.61
		Efectivo acumulado	\$6,728.00	\$13,758.76	\$21,105.91	\$28,783.68	\$36,806.94	\$45,191.26	\$53,952.86
Costo total de propiedad	\$65,108.74								

Tabla 29, Retorno de inversión sistema nuevo con Led continuación

Inversión Inicial		Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12	Año 13	Año 14	Año 15	
Costo de inversión inicial Reinversión (Mantenimiento)	\$65,108.74	Flujo de efectivo	\$9,155.88	\$9,567.89	\$9,998.45	\$10,448.38	\$10,918.56	\$11,409.89	\$11,923.34	\$12,459.89
		Efectivo acumulado	\$63,108.74	\$72,676.64	\$82,675.09	\$93,123.47	\$38,933.29	\$50,343.18	\$62,266.52	\$74,726.41
Costo total de propiedad	\$65,108.74									

**PERIODO DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN (PRI) (NUEVO)**  
**PRI= 8 AÑOS 11.57 días**

$$8 + \frac{\$65,108.74 - \$63,108.74}{\$63,108.74} = 8 + \frac{\$1,999.99}{\$63,108.74} = 8.031691209$$

Calculo de la tarifa de H-M

Proporcionada por mi jefe inmediato en la DGOyC

hora punta	intermedia	base
2.1606	1.3417	1.1217

meses de invierno 5  
meses de verano 7

periodo de verano						
	base	intermedio	punta			
lunes a viernes	0:00 a 6:00	6:00 a 20:00 22:00 a 24:00	20:00 a 22:00			
horas	6	16	2	Promedio	hrs	pago promedio hr.
pesos	6.7302	21.4672	4.3212	32.5186	24	1.35494167

periodo de invierno						
	base	intermedio	punta			
lunes a viernes	0:00 a 6:00	6:00 a 18:00 22:00 a 24:00	18:00 a 22:00			
horas	6	14	4	Promedio	hrs	pago promedio hr.
pesos	6.7302	18.7838	8.6424	34.1564	24	1.42318333

Horario laboral de la oficinas centrales de la DGOyC

lunes a viernes 07:00 21:00

tarifa verano			
	horas	tarifa	totales
Horas tarifa intermedia	13	1.3417	17.4421
Horas tarifa punta	1	2.1606	2.1606
total	14		19.6027

tarifa invierno			
	horas	tarifa	totales
Horas tarifa intermedia	11	1.3417	14.7587
Horas tarifa punta	3	2.1606	6.4818
total	14		21.2405

Tarifa verano	\$1.40
meses considerados	7
<b>Total</b>	<b>\$9.80</b>

Tarifa invierno	\$1.52
meses considerados	5
<b>Total</b>	<b>\$7.59</b>

<b>Tarifa promedio anual</b>	<b>\$1.4489</b>
------------------------------	-----------------

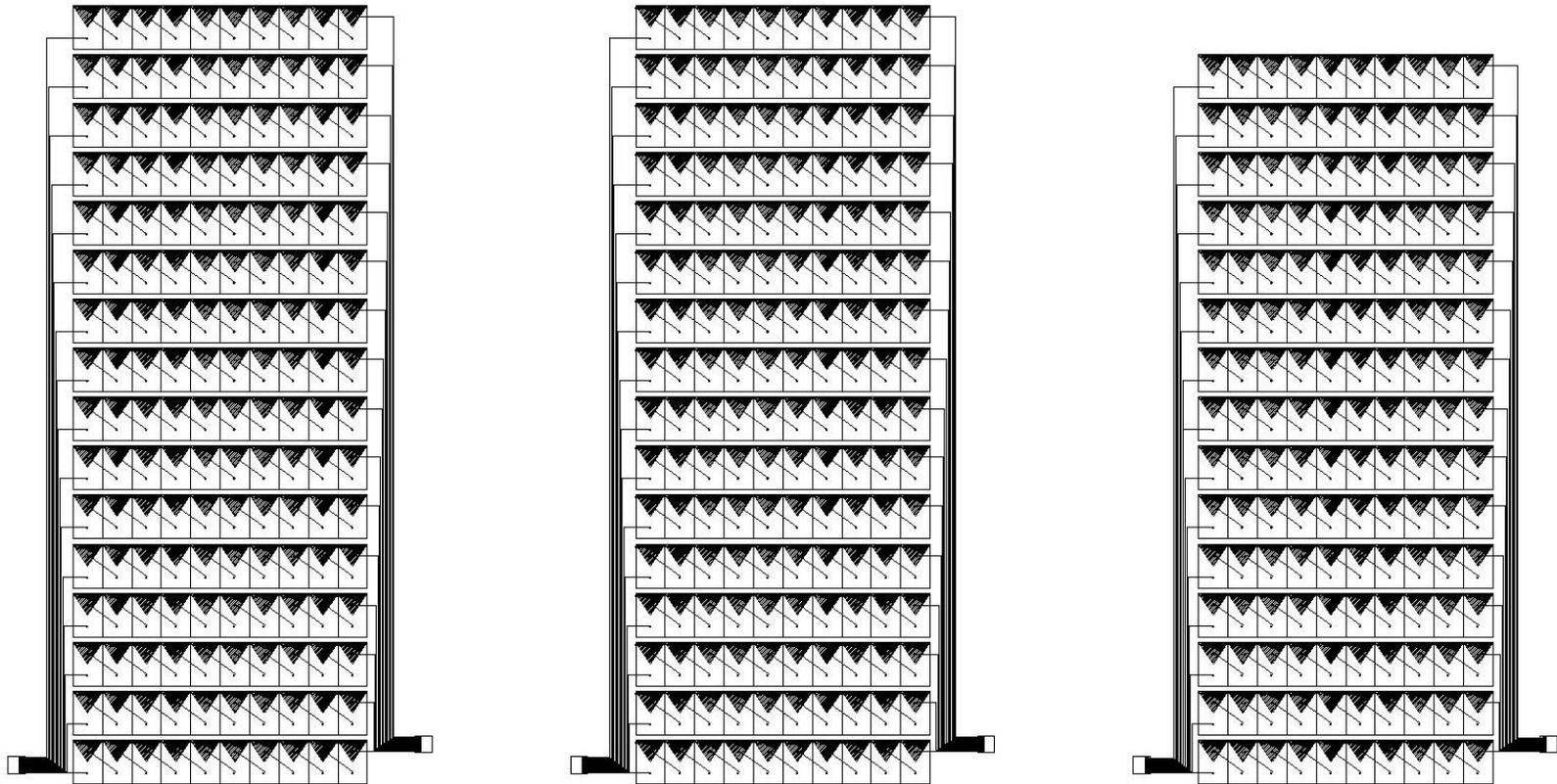
## Anexo B Planos

### Índice de Planos

PLANO I, ARREGLO DE 470 PANELES SUNPOWER	I
PLANO II, ARREGLO 470 PANELES SUNPOWER AZOTEA UNIDAD DE POSGRADO	II
PLANO III, ARREGLO 470 PANELES SUNPOWER ESTACIONAMIENTO UNIDAD DE POSGRADO	III
PLANO IV, ARREGLO 600 PANELES KYOCERA	IV
PLANO V, ARREGLO 600 PANELES KYOCERA AZOTEA UNIDAD DE POSGRADO	V
PLANO VI, ARREGLO 600 PANELES KYOCERA ESTACIONAMIENTO UNIDAD DE POSGRADO	VI
PLANO VII, ÚLTIMA REMODELACIÓN SEGUNDO NIVEL DIRECCIÓN DE PLANEACIÓN DGOYC	VII

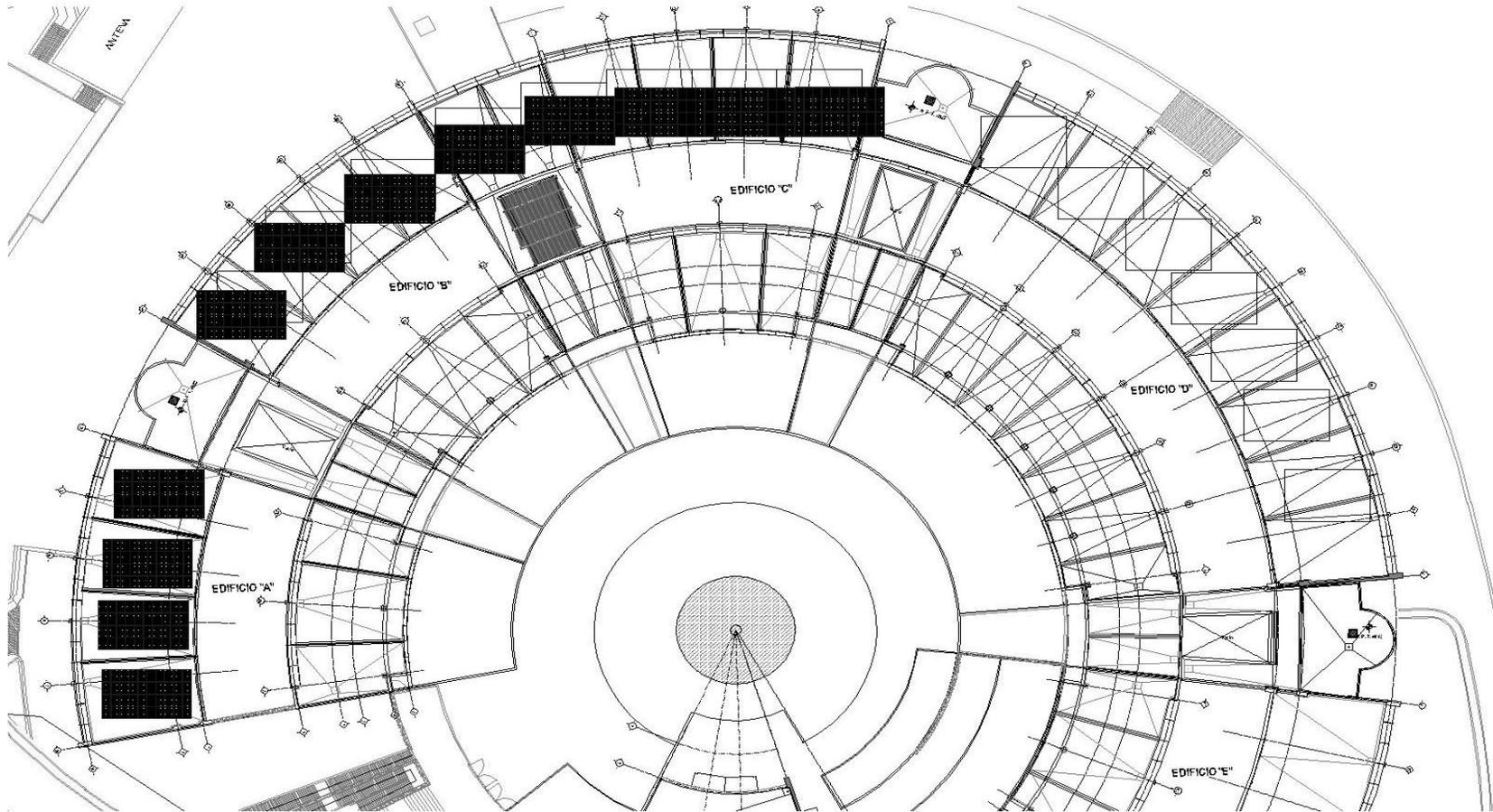
SUNPOWER

Arreglo de Paneles, Diagrama de conexión



Plano I, Arreglo de 470 paneles SUNPOWER

Ubicación Azotea Unidad de Posgrado



Plano II, Arreglo 470 Paneles SUNPOWER azotea Unidad de Posgrado

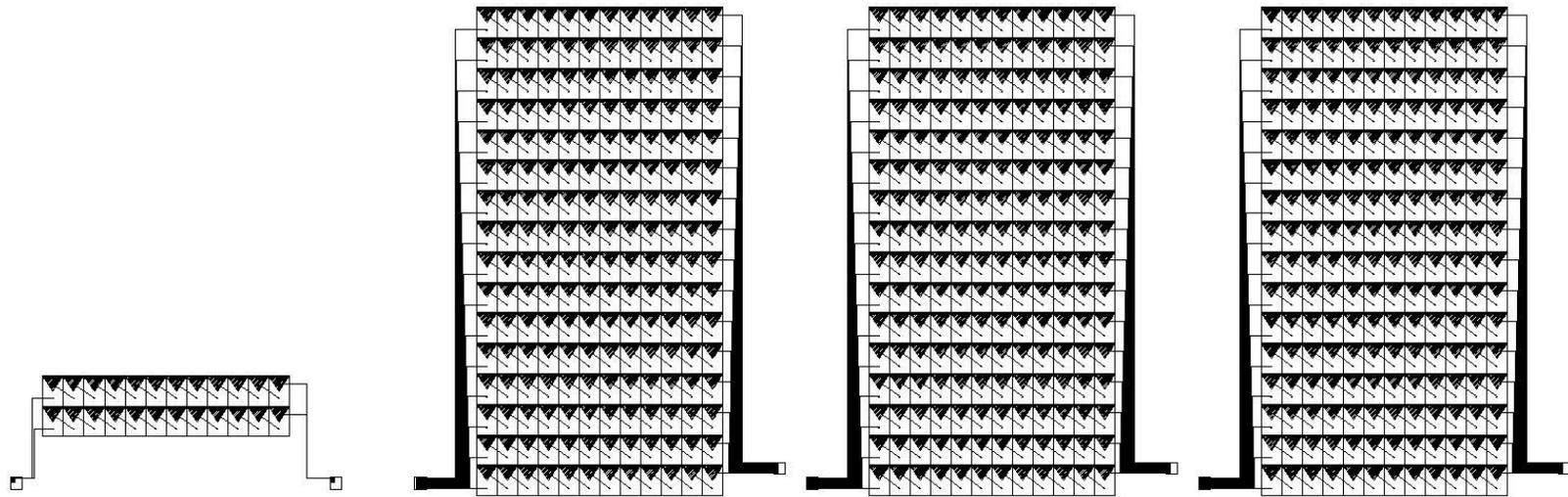
Ubicación Azotea Estacionamiento Unidad de Posgrado



Plano III, Arreglo 470 paneles SUNPOWER estacionamiento Unidad de Posgrado

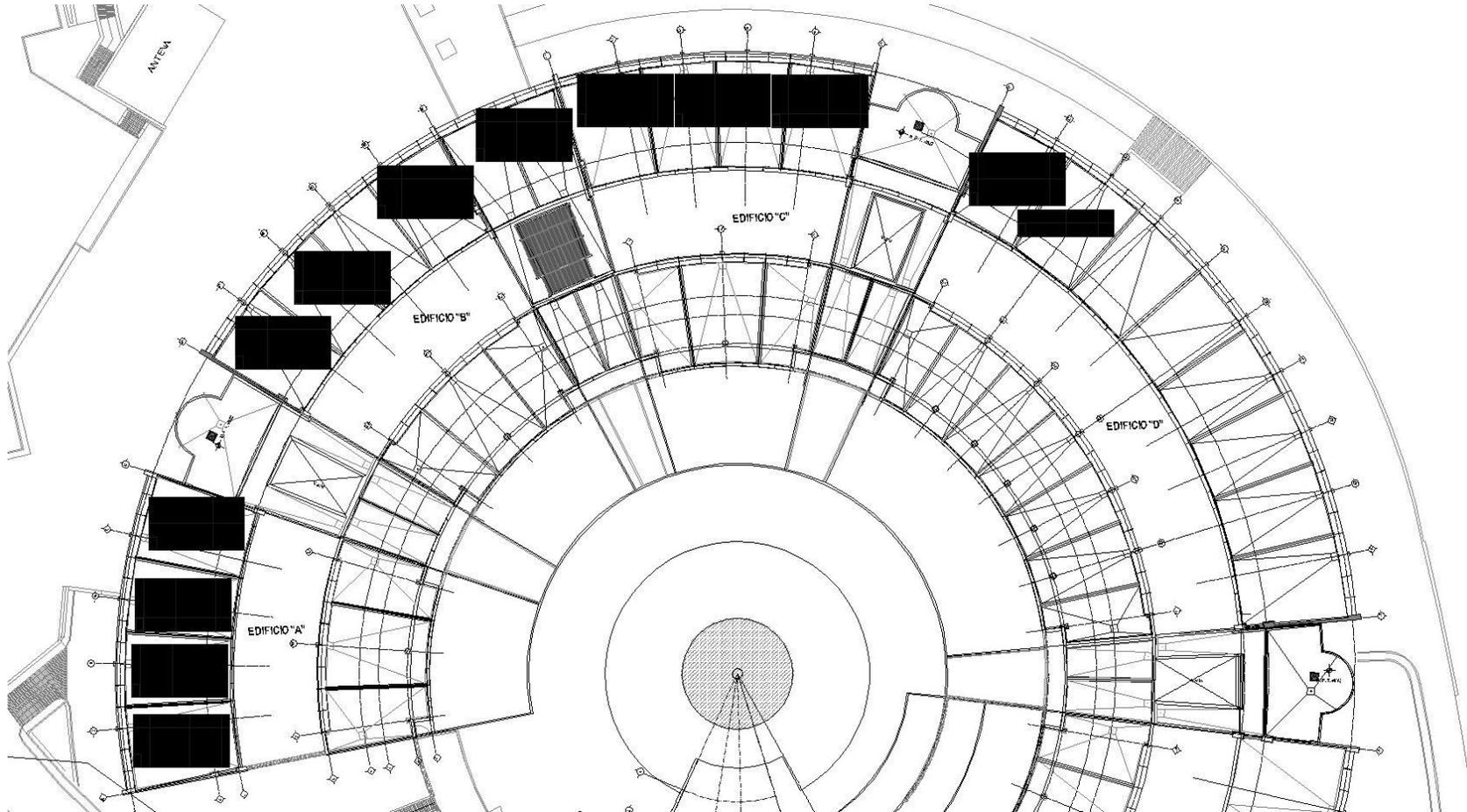
KYOERA

Arreglo de paneles, Diagrama de conexión



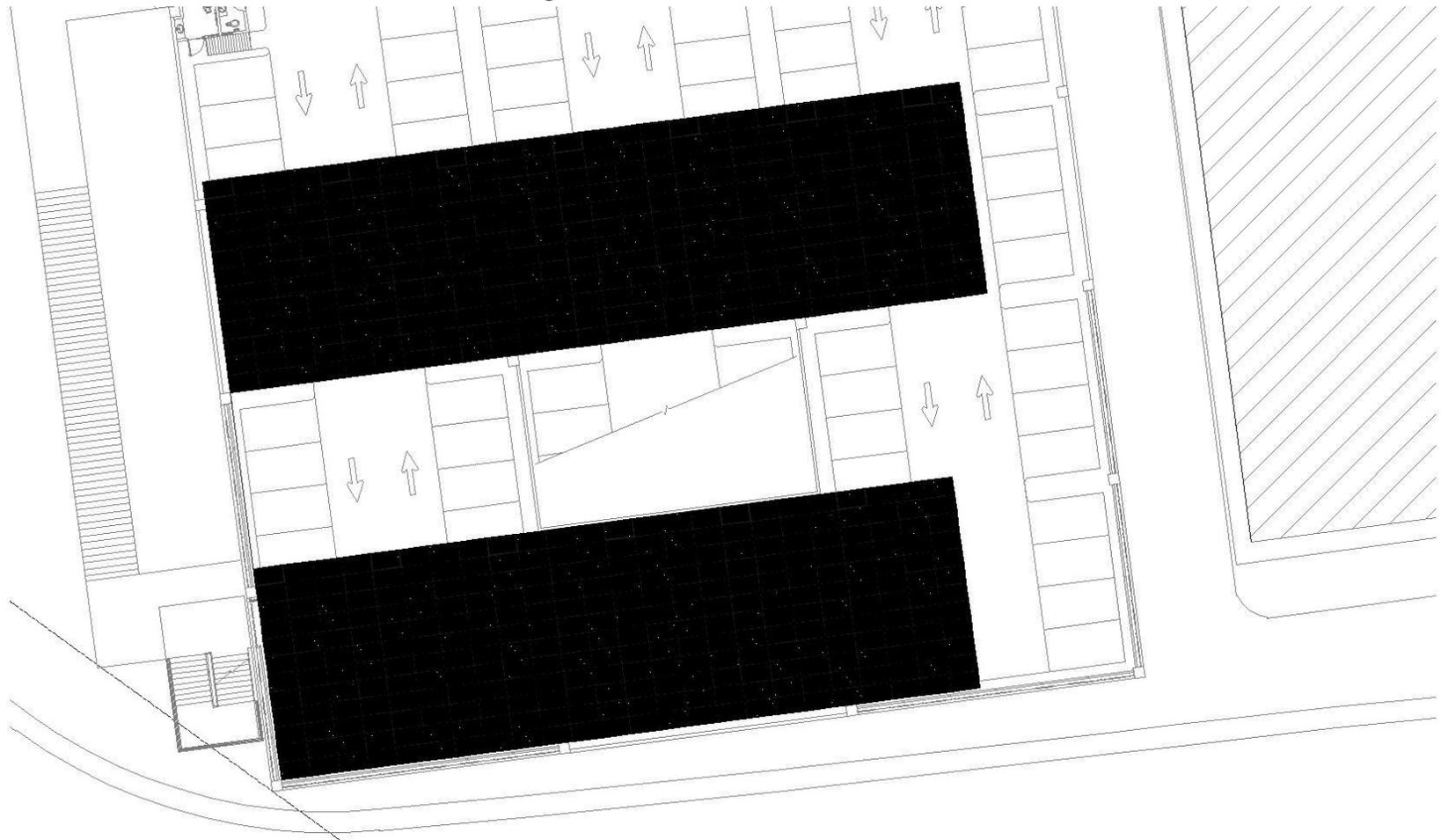
Plano IV, Arreglo 600 paneles KYOCERA

Ubicación Azotea Unidad de Posgrado



Plano V, Arreglo 600 paneles KYOCERA azotea Unidad de Posgrado

Ubicación Azotea Estacionamiento Unidad de Posgrado



Plano VI, Arreglo 600 paneles KYOCERA estacionamiento Unidad de Posgrado



## Anexo C Hojas de Especificaciones

SUNPOWER

SUNPOWER

## PANEL SOLAR 315E

EFICIENCIA Y RENDIMIENTO EXCEPCIONALES

### Datos Eléctricos

Medidas en condiciones de prueba estándar (STC): irradiancia 1000W/m², AM 1.5, temperatura de células 25° C

Potencia nominal (+5/-3%)	P <sub>nom</sub>	315 W
Voltaje en el punto de máxima potencia	V <sub>mpp</sub>	54,7 V
Corriente en el punto de máxima potencia	I <sub>mpp</sub>	5,76 A
Voltaje de circuito abierto	V <sub>oc</sub>	64,6 V
Corriente de cortocircuito	I <sub>sc</sub>	6,15 A
Voltaje máximo del sistema	IEC	1000 V
Coeficientes de temperatura		
	Potencia	-0,38% / K
	Voltaje [V <sub>oc</sub> ]	-176,6mV / K
	Corriente [I <sub>sc</sub> ]	3,5mA / K
NOCT		45° C +/-2° C
Corriente nominal de fusibles en serie		15 A
Límite de corriente inversa (3 strings)	I <sub>r</sub>	15,3 A

### Datos Eléctricos

Medidas en temperatura nominal de operación de célula (NOCT): irradiancia 800W/m², AM 1,5

Potencia nominal	P <sub>nom</sub>	231 W
Voltaje en el punto de máxima potencia	V <sub>mpp</sub>	50,1 V
Corriente en el punto de máxima potencia	I <sub>mpp</sub>	4,62 A
Voltaje de circuito abierto	V <sub>oc</sub>	60,5 V
Corriente de cortocircuito	I <sub>sc</sub>	4,97 A

### Curva I-V

Características corriente/voltaje dependiendo de la irradiancia y la temperatura del módulo

### Condiciones de Prueba para Certificaciones

Temperatura	-40° C hasta +85° C
Carga máxima	245kg/m² [2400 Pa] frontal y posterior (p.ej. viento)
Resistencia al impacto	Granizo: 25 mm a 23 m/s

### Garantías y Certificaciones

Garantías	Garantía limitada de potencia durante 25 años Garantía limitada del producto durante 10 años
Certificaciones	IEC 61215 Ed. 2, IEC 61730 (SCII)

### Datos Mecánicos

Células solares	96 células monocristalinas de contacto posterior SunPower
Vidrio frontal	Cristal templado anti-reflectante de gran transmitividad
Caja de conexiones	IP-65 con 3 diodos de bypass 32 x 155 x 128 (mm)
Cables de salida	Cable de 1000 mm de longitud / conectores MultiContact (MC4) Aleación de aluminio anodizado (negro) tipo 6063;
Bastidor	pines para apilar
Peso	18,6 kg

### Dimensiones

→ Agujeros de punto a tierra

⊕ Pines para apilar

PRECAUCIÓN: LEA LAS INSTRUCCIONES DE SEGURIDAD E INSTALACIÓN ANTES DE UTILIZAR EL PRODUCTO.

Para obtener información detallada, visite [www.sunpowercorp.es](http://www.sunpowercorp.es)

SUNPOWER y el logotipo de SUNPOWER son marcas comerciales o marcas comerciales registradas de SunPower Corporation.  
© Marzo 2009 SunPower Corporation. Todos los derechos reservados. Las especificaciones incluidas en este fichero técnico están sujetas a cambios sin previo aviso.

[www.sunpowercorp.es](http://www.sunpowercorp.es)  
#001.32307 Sun\*\* / A4\_ES

KIOCERA

KD MODULES

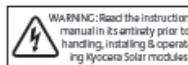
SPECIFICATIONS



Standard Test Conditions (STC) STC = 1000 W/m <sup>2</sup> irradiance, 25°C module temperature, AM 1.5 spectrum*						
	KD325	KD320	KD250	KD245	KD220	KD140
Maximum Power	325W	320W	250W	245W	220W	140W
Number of Cells	80	80	60	60	54	36
Tolerance	+5% / -0%	+5% / -0%	+5% / -0%	+5% / -0%	+5% / -0%	+7% / -0%
Maximum System Voltage	600V	600V	600V	600V	600V	600V
Maximum Power Voltage	40.3V	40.1V	29.8V	29.8V	26.6V	17.7V
Maximum Power Current	8.07A	7.99A	8.39A	8.23A	8.28A	7.91A
Open Circuit Voltage	49.7V	49.5V	36.9V	36.9V	33.2V	22.1V
Short Circuit Current	8.69A	8.60A	9.09A	8.91A	8.98A	8.68A
Series Fuse Rating	15A	15A	15A	15A	15A	15A
Length	65.4"	65.4"	65.4"	65.4"	59.1"	59.1"
Width	52.0"	52.0"	39.0"	39.0"	39.0"	26.3"
Depth	1.81"	1.81"	1.81"	1.81"	1.81"	1.81"
Weight	60.6 lbs	60.6 lbs	44.1 lbs	44.1 lbs	41.0 lbs	28.4 lbs
Termination Method	Locking Plug-in Connectors					

\* Subject to simulator measurement uncertainty of +/- 3%.  
KIOCERA reserves the right to modify these specifications without notice.  
For more detailed specifications, visit [www.kyocerasolar.com](http://www.kyocerasolar.com)

NEC 2008 COMPLIANT  
LL 1703 LISTED  
CERTIFIED IEC61215 ED2 IEC61730 BY JET  
IEC 61701 Ed. 2 Severity 6 (Salt Mist Corrosion Test)



032114

KYOCERA Solar, Inc. 800-223-9580 800-523-2329 fax [www.kyocerasolar.com](http://www.kyocerasolar.com)

**SOLAR** by KYOCERA

FRONIUS CL 60.0

**FRONIUS** INTERNATIONAL



deutsch | english  
Fronius CL 60.0



**The major advantages of the Fronius CL:**

- Unique system design with the Fronius MIX™ concept
- High-yield power electronics
- Intelligent cooling
- Simple planning and easy installation
- Comprehensive system monitoring



**Technical Data**

INPUT DATA	Fronius CL 60.0
DC maximum output at $\cos \varphi=1$	64.4 kW
Max. input current	280.2 A
Max. input voltage	600 V
MPP voltage range	230 - 500 V
<b>OUTPUT DATA</b>	
AC nominal output at $\cos \varphi=1$	60 kW
Max. output power	60 kVA
Max. output current	87.0 A
Maximum efficiency	95.9 %
European efficiency	95.5 %
MPP adjustment efficiency	> 99.9 %
Mains connection	3-NPE 400/230 V
Frequency	50 Hz/60 Hz
Distortion factor	< 3 %
Power factor	0.85 - 1 ind. / cap.
Nighttime consumption	12.2 W
<b>GENERAL DATA</b>	
Dimensions (H x W x D) with base (100 mm)	1,830 x 1,105 x 722 mm
Weight	303 kg

ADVANCE ENERGY



PowerEdge solAron siteGuard

### IntelliString™ Smart Combiner Box

Quality, Accuracy and Ease of Installation

String-level performance data is a valuable tool for PV system owners because it enables fast diagnosis of PV system underperformance due to failed modules, shading or soiling. Until now this important tool was primarily used on large expensive systems due to the high cost of monitoring at the string level. Now the IntelliString™ line of smart string combiner boxes offer a solution that is practical and affordable enough to use on all commercial installations.

AE IntelliString™ combiner boxes are among the most robust in the industry with a 5-year warranty and NEMA 4X construction. Coupled with our industry-leading support team, buying combiner boxes from AE simplifies the procurement and site management of your solar installation, therefore, maximizing output.



**Features**

- UL1741, CSA 22.2, CE listed at 1000VDC
- Robust NEMA 4X fiberglass enclosure as a standard feature
- Suitable for either positive or negative grounded arrays with no mechanical changes required
- Solid busbar eliminates messy wiring to fuse blocks
- Finger safe fuse holders
- Lockable exterior latch and all stainless steel hardware
- 5 year warranty
- Open Modbus communications compatible with industry leading monitoring providers

**Specifications**

	IntelliString 8		IntelliString 12		IntelliString 16		IntelliString 24	
	Standard	Disco	Standard	Disco	Standard	Disco	Standard	Disco
Maximum Number of input strings	8		12		16		24	
Continuous Current Rating (A)	120	128	180	192	240	250	360	384
Maximum DC Voltage Input (V)	1000 VDC							
Dimensions (W x H x D)	14" x 12" x 6"	20" x 16" x 8"	14" x 12" x 6"	20" x 16" x 8"	16" x 14" x 8"	20" x 16" x 8"	20" x 16" x 8"	24" x 24" x 8"
Maximum Output Wire Size (MCM)*	1x 350		1x 350		1x 350		2x 350	
Power Supply (Customer Supplied)	12-28VDC							
Communications	Modbus via RS-485							

\* Lugs provided by customer

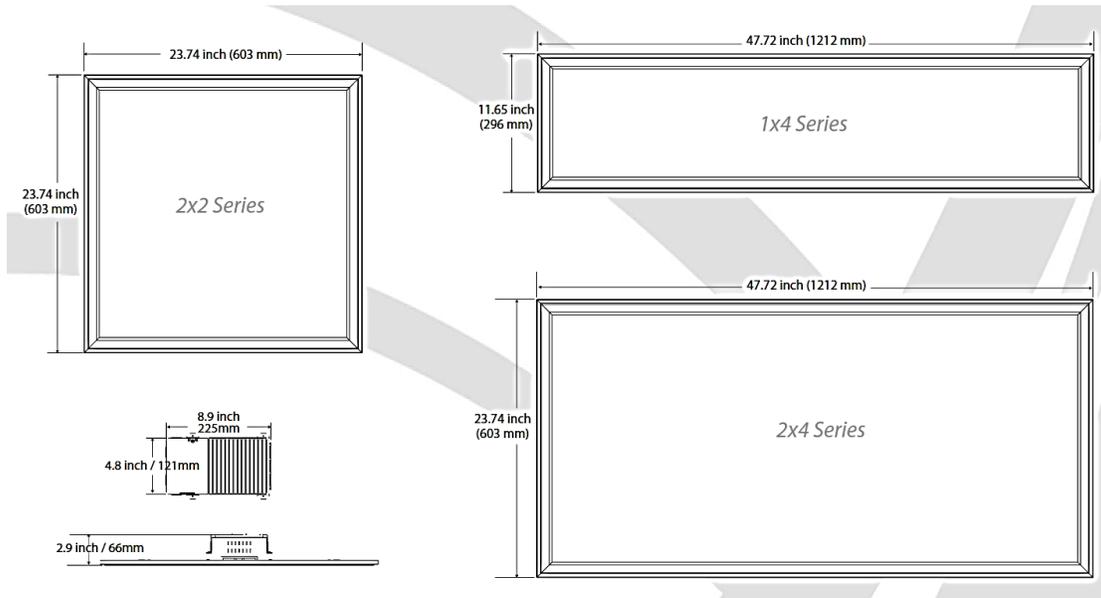
Specifications are subject to change without notice.



Advanced Energy Industries, Inc. - 20720 Brinson Blvd, PO Box 7348 - Bend, 97708 OR U.S.A.  
 T: 877.312.3832 - sales.support@aei.com - www.advanced-energy.com/solarenergy  
 Please see www.advanced-energy.com for worldwide contact information.

© Advanced Energy Industries, Inc. 2011  
 All rights reserved. Printed in U.S.A.  
 55-602100-70-C 04/10/11

TII



## SPECIFICATIONS

Item #	Size	Power Consumption (Watts)	Color Temperature	Output Lumens (LM)	Lumens Per Watt (LM/W)	Dimming Control Capabilities	Color
<b>2x2 Series</b>							
TD223K-36DW152	2 FT X 2 FT 600 mm X 600 mm	34.9	3000K	2973	85.2	0-10V	White
*TD224K-36DW152	2 FT X 2 FT 600 mm X 600 mm	35.6	4000K	3270	91.9	0-10V	White
TD223K-36AW152	2 FT X 2 FT 600 mm X 600 mm	33.4	3000K	2745	82.3	AC and 0-10V	White
TD224K-36AW152	2 FT X 2 FT 600 mm X 600 mm	34.0	4000K	2979	87.6	AC and 0-10V	White
<b>1x4 Series</b>							
TD143K-36DW176	1 FT X 4 FT 300 mm X 1200 mm	36.5	3000K	3139	86.0	0-10V	White
*TD144K-36DW176	1 FT X 4 FT 300 mm X 1200 mm	36.5	4000K	3358	92.0	0-10V	White
TD143K-36AW176	1 FT X 4 FT 300 mm X 1200 mm	36.6	3000K	3046	83.3	AC and 0-10V	White
TD144K-36AW176	1 FT X 4 FT 300 mm X 1200 mm	37.3	4000K	3191	85.6	AC and 0-10V	White
<b>2x4 Series</b>							
TD243K-50DW240	2 FT X 4 FT 600 mm X 1200 mm	48.5	3000K	4171	86	0-10V	White
*TD244K-50DW240	2 FT X 4 FT 600 mm X 1200 mm	49.5	4000K	4505	91	0-10V	White
TD243K-42AW240	2 FT X 4 FT 600 mm X 1200 mm	42	3000K	3486	83	AC and 0-10V	White
TD244K-42AW240	2 FT X 4 FT 600 mm X 1200 mm	42	4000K	3612	86	AC and 0-10V	White

\* Stock item

Also available in anodized aluminum. Additional custom colors/finishes available upon request.

## PHILIPS T8



## Tubos Fluorescentes T8

Lámparas fluorescentes lineales con una larga vida y tecnología ALTO II.

T8 Plus



## Larga vida y ambientalmente responsables

Las lámparas T8 Plus se caracterizan por su larga vida, convirtiéndose en una excelente alternativa para prolongar sus ciclos de reposición.

### Características

- Hasta 42,000 horas de vida.
- Con una vida útil hasta un 50% más larga que las T8 estándar del mercado.
- Excelente mantenimiento luminoso.
- Excelente reproducción de color (CRI 85%).
- Posición de encendido universal.
- Tecnología ALTO II convirtiéndola en la opción más verde del mercado.
- Cumple con la prueba TCLP (Toxicity Characteristic Leaching Procedure) de la Agencia de Protección de los Estados Unidos (EPA).
- Atenuable.

### Aplicaciones

- Iluminación general en oficinas, escuelas, hospitales y edificios públicos.
- Lámpara para aplicaciones donde los costos de reposición deben de extenderse.
- Aplicaciones donde por la ubicación de los luminarios sus costos de mantenimiento son muy elevados.

**PHILIPS**  
sense and simplicity