



Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.

Ingeniería Eléctrica.

REPORTE DE RESIDENCIA PROFESIONAL.

PROYECTO:

SIAMAAP (SIAMAAP (SISTEMA DE ILUMINACION, AUTOSUSTENTABLE Y DE MONITOREO PARA ALUMBRADO PUBLICO).

PRESENTA:

David Enrique Cornelio Martínez.

ASESOR INTERNO:

Ing. Marco Antonio Zúñiga Reyes.

ASESOR EXTERNO:

Ing. Héctor Lause Martínez Lievano.



Índice de contenido:

1. Generalidades	1
1.1. Introducción.....	3
1.2. Antecedentes.....	3
2. Alumbrado Público.	6
2.1. Requisitos generales de diseño de alumbrado público	6
2.2 Clases de iluminación según las características de las vías.	8
2.3. Vías para tráfico peatonal y ciclistas	9
2.4. Requisitos de iluminación para áreas críticas	10
2.5 Niveles exigidos de luminancia e iluminancia en alumbrado público	11
2.6. Localización de luminarias	12
2.7 Coexistencia de las luminarias con los árboles en las vías.	12
2.8 Cálculos y diseño del sistema de iluminación	13
2.8.1 Criterios de diseño.	13
2.8.2 Cálculos de iluminancia para alumbrado publico.....	16
2.8.3 Densidad de Potencia Eléctrica para Alumbrado (DPEA)	17
2.8.4 Iluminancia mínima promedio (Eprom)	17
2.8.5 Uniformidad promedio máxima.....	18
3. Automatización.	19
3.1. Definición automatización	19
3.2. ¿Qué es un PLC?.....	19
3.3. Símbolos lógicos del software de control FluidSIM.....	20
3.4. Ejemplos de programación	22
4. Sistema fotovoltaico	25
4.1. Características de las celdas fotovoltaicas	25
4.2. Sistemas fotovoltaico	27
4.3 Sistema fotovoltaico autónomo.....	27
4.4. Sistema fotovoltaico conectado a la red	28
4.5.1 Celdas / paneles fotovoltaicos mono cristalino.....	29
4.5.2 Células / paneles fotovoltaicos policristalinos	29
4.5.3 Tecnología de película delgada	30
4.5.4 Silicio amorfo	30
4.5.5 Amorfo-Si uniones dobles o triples	30
4.5. Tipos de módulos solares.....	28
5. Dimensionado de sistemas Fotovoltaicos con baterías	31
5.1. Cálculo de la potencia pico y de la corriente.....	32
5.2. Cálculo de la potencia pico y de la corriente.....	32
5.2.1. Dimensionado de la batería	32
5.2.2. Dimensionado del generador.....	34
5.2.3. Controladores de carga.....	35
6. Diseño del sistema de automatización, alumbrado Publio y sistema fotovoltaico.	36
6.1. Cálculos de iluminación	36
6.2. Programación.....	43



6.3. Sistema fotovoltaico	49
7. Resultados.....	53
7.1 Resultados de alumbrado publico.....	53
7.2. Resultados obtenidos para sistema fotovoltaico	54
7.2.1. Calculo de consumo del sistema	54
7.2.2. Dimensionado de la bateria	56
7.2.3. Dimensionado del generador fotovoltaico.....	57
7.3. Resultados de programación	59
8. Conclusión	60
Referencias	61



Índice de figuras:

Figura 1. Separación mínima entre los árboles y los postes con las luminarias de alumbrado público, para evitar sombras sobre la vía.13

Figura 2. Ejemplo de un circuito de auto retención.22

Figura 3. Simulación de un circuito de auto retención.23

Figura 4. Ejemplo de esquema Neumatico.24

Figura 5. Simulación de un circuito neumático24

Figura 6. Circuito equivalente de una celda fotovoltaica.....25

Figura 7. I-V característica de un módulo fotovoltaico de silicio cristalino con la variación de poder.26

Figura 8. Esquema de un sistema fotovoltaico autónomo.....27

Figura 9. Sistema fotovoltaico conectado a la red de suministro eléctrico.....28

Figura 10. Variación de salida con insolación para sub-arreglos representativos.....31

Figura 11. Ejemplo del efecto de la temperatura de operación y del régimen de descarga en la capacidad de la batería (Pb-ácido).33

Figura 12. Localización del área a calcular.36

Figura 13. Especificación de calles.37

Figura 14. Calles elegidas para realizar rediseño de iluminación.37

Figura 15. Lámpara marca Phillips.41

Figura 16. Descripción de luminaria y grafica de curva de distribución luminosa.....42

Figura 17. Ingreso de datos a Dialux.42

Figura 18. PLC siemens S7-120044

Figura 19. Main, Programación para PLC.....45

Figura 20. Main, programación para PLC.....46

Figura 21. Bloque, programación para PLC.....47

Figura 22. Bloque, programación para PLC.....48

Figura 23. Panel solar Tamesol TM-P660260/27049

Figura 24. Batería CALE de 12 v con diseño para ciclado profundo.50

Figura 25. Controlador de carga de 20 A y de 12-24V.51

Figura 26. Inversor de corriente de 12-120v.....51

Figura 27. Poste cilíndrico marca Emax Technologies.52

Figura 28. Distribución de luminarias obtenida53

Figura 29. Simulación de iluminación.54

Figura 30. Simulación del programa realizado59



Índice de tablas

Tabla 1. Cronograma propuesto.	1
Tabla 2. Clases de iluminación para vías vehiculares.	8
Tabla 3. Variación en las Clases de iluminación por tipo de vía, complejidad de circulación y control del tráfico.	9
Tabla 4. Clases de iluminación para diferentes tipos de vías en áreas peatonales y de ciclistas.	9
Tabla 5. Requisitos fotométricos para áreas críticas.	10
Tabla 6. Clases de iluminación en áreas críticas de vías vehiculares.	10
Tabla 7. Requisitos mínimos de iluminación para vías con ciclo rutas y andenes adyacentes.	11
Tabla 8. Fotometría mínima en áreas críticas distintas a vías vehiculares [6].	11
Tabla 9. Simbología software FluidSim.	21
Tabla 10. Ejemplo de variación de la capacidad nominal de la batería con el régimen de descarga (Normalmente estos datos son suministrados por el fabricante).	33
Tabla 11. Definición de parámetros de la vía.	37
Tabla 12. Especificación de clasificación para el área a diseñar.	40
Tabla 14. Calculo del consumo.	54
Tabla 15. Calculo del consumo.	55
Tabla 16. Calculo del consumo.	55
Tabla 17. Corriente y angulo de inclinación.	55
Tabla 18. Corriente y angulo de inclinación.	55
Tabla 19. Corriente y ángulo de inclinación.	56
Tabla 20. Corriente y ángulo de inclinación.	56
Tabla 21. Corriente y angulo de inclinación, selección de cada inclinación de corriente y horas de sol pico máximas.	56
Tabla 22. Información de la batería seleccionada.	57
Tabla 23. Numero de baterías en paralelo:	57
Tabla 24. Número total de baterías.	57
Tabla 25. Calculo para obtención de reducción estacional de corriente(A).	58
Tabla 26. Corriente corregida	58
Tabla 27. Módulos en paralelo.	58
Tabla 28. Total de módulos.	58

1 Generalidades

El presente reporte corresponde al proyecto de residencia denominado Diseño, automatización y Aplicación de Ahorro Energético para Alumbrado Público, el cual se desarrolla en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. Siendo desarrollado en la empresa MichLau s. de R.L. de C.V.

El objetivo general del proyecto es diseñar un sistema de alumbrado público automatizado y autosustentable, buscando el bienestar para la ecología de la región brindando un sistema de iluminación ideal para la zona.

Los objetivos específicos son:

1. Desarrollar un sistema de alumbrado público idóneo para los transeúntes.
2. Diseñar un de generación eléctrica auto sustentable para el sistema.
3. Desarrollar un sistema de automatización.

Tabla 1. Cronograma propuesto.

Actividad	Semana															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Proyección de planos delimitando el área del proyecto	X															
Reconocimiento del terreno para cálculo de luminarias y paneles solares.	X															
Establecimiento de parámetros para el mejoramiento del sistema de alumbrado publico		X	X													
Calculo de iluminación				X	X	X	X									

DISEÑO, AUTOMATIZACIÓN Y APLICACIÓN DE AHORRO ENERGÉTICO PARA OBRA DE ALUMBRADO PUBLICO.



Calculo de conductores, paneles solares, baterías a utilizar.					X	X	X	X								
Desarrollo del diagrama unifilar de iluminación y alimentadores									X	X						
selección del sistema automatizado de iluminacion.											X	X	X			
Realización de presupuesto y selección de mano de obra,														X	X	X

1.1 Introducción

El diseño ideal de un sistema de alumbrado público es importante para brindar seguridad a vehículos y peatones que circulen en una zona dada, buscando cumplir con las normas mexicanas de iluminación, creando así un ambiente propicio en el cual no exista contaminación lumínica que pueda ser perjudicial para el ser humano, que además brinde seguridad y visibilidad adecuada.

Hoy en día ha surgido la necesidad de buscar nuevas formas de ahorro de energía, debido a que a raíz del uso inadecuado de las tecnologías humanas han ido suscitando diferentes fenómenos que general problemáticas ambientales demasiado fuertes y que atentan con la integridad de la vida en el planeta tierra, es por eso que se plantea el proyecto en el cual se pueda brindar un alumbrado público adecuado que traiga consigo un ahorro energético y que sea amigable con el medio ambiente.

Es por ello que el diseño del proyecto se basa en la utilización de lámparas LED, paneles solares y PLC, ya que brindaran las condiciones ideales para que el sistema cumpla con su objetivo que es el ahorro energético y cuidado del medio ambiente.

1.2 Antecedentes

Los sistemas de iluminación son de suma importancia para la vida diaria, ya que estos permiten que por las noches podamos realizar actividades, gracias a que nos proporcionan luz artificial que nos permite ver aun durante las noches más oscuras. En específico los sistemas de iluminación en vías públicas son demasiado importantes ya que además de brindar visibilidad durante la noche, brinda seguridad a las personas que puedan transitar por ciertas vías públicas durante la noche.

“Un alumbrado inteligente para Ciudad Universitaria

Migrar de un sistema de iluminación tradicional a un sistema de alumbrado inteligente permitiría ahorros en la factura de energía eléctrica de hasta 70 por ciento, ya sea que este sistema se instale en una casa, en una fábrica o en la vía pública, afirmó el maestro Roberto Tovar Medina, del Instituto de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas y en Sistemas (IIMAS) de la UNAM en [1].

Subrayó que las ventajas de un sistema de alumbrado público se resumen en un sustancial ahorro de energía y en la reducción de los costos de mantenimiento, además de los beneficios de hacer un uso más racional de los recursos, aprovechando la tecnología existente.

El investigador aseguró en [1] que países como Noruega y la India ya han migrado a sistemas de alumbrado público inteligente y reportan esos ahorros, mientras que en México aún no existen estos sistemas.

Roberto Tovar Medina y un grupo de ingenieros del IIMAS y de la Facultad de Ingeniería de la UNAM desarrollan actualmente un proyecto para instalar un sistema de alumbrado de este tipo en Ciudad Universitaria. Automatizar las cerca de 4 mil luminarias de los circuitos de Ciudad Universitaria costaría 80 millones de pesos. Roberto Tovar consideró que es una inversión fuerte, pero inteligente, ya que en CU el costo anual del consumo de energía es de 80 millones de pesos, de los cuales 20 por ciento corresponde al alumbrado público [1].

Un sistema de alumbrado inteligente permite controlar a distancia, desde Internet, parámetros como el encendido y apagado de una luminaria; asimismo, es posible conocer estadísticas detalladas del comportamiento de cada lámpara a lo largo del tiempo y, por tanto, su consumo energético. Otra característica esencial es que la operación de la luminaria puede ajustar la intensidad, dependiendo de las condiciones ambientales o del tráfico, ver en [1].

Para dar un primer paso hacia el alumbrado inteligente, los ingenieros dirigidos por Roberto Tovar ya cuentan con un circuito de prueba. Se trata del circuito de luminarias más pequeño de Ciudad Universitaria, su nombre es C 192 A, está ubicado en el estacionamiento de la División de Ingeniería Eléctrica de la Facultad de Ingeniería y cuenta con 5 luminarias[1].

El investigador informó que Ciudad Universitaria tiene entre 3 mil 500 y 4 mil luminarias, divididas en 256 circuitos (es decir, luminarias conectadas a la misma fuente de suministro de energía) y que el circuito más grande tiene hasta 50 postes de luz. El circuito C192 A ya funciona con la tecnología desarrollada en la UNAM, que permitirá dotar de un sistema de alumbrado inteligente a todo el campus. El sistema cuenta con una página web, en ella se puede ver en un mapa georeferenciado de CU, el estado de cada una de las luminarias (las 5 luminarias del sistema de prueba) y controlarlas a distancia en [1].

En este sistema, cada luminaria se comunica con las otras en forma inalámbrica, por medio de señales de radio, y después se conecta a Internet, por lo que es posible administrar el sistema desde cualquier lugar del mundo a través de una página web.

Los arbotantes, o farolas, se comunican mediante radios de baja potencia, cuyo costo es muy económico por ser de uso común. El funcionamiento de la red, explicó el científico, es similar a como funciona Internet: consiste en una red que se comunica por varias vías y cada uno tiene una dirección IP, en este caso, cada arbotante tiene una IP, y existe una central que controla cada circuito[1]. Las lámparas que actualmente se utilizan en el alumbrado público de Ciudad Universitaria, indicó el especialista, son lámparas de vapor de sodio de alta presión de 250 watts.

Por otro lado:

En la actualidad gobierno del estado de Chiapas echo a andar un programa en el cual cambian lámparas incandescentes por lámparas de tipo led con el fin de conseguir ahorro energético en alumbrado público pero buscando satisfacer las necesidad de su gente, brindando un alumbrado público de calidad [2].

El programa antes mencionado se inicio en 2016 con el nombre de “Iluminemos Chiapas”: La demanda del alumbrado público en Chiapas, iniciado por el gobernador Manuel Velasco Coello.

“Por primera vez en Chiapas se han modernizado 19 mil luminarias con tecnología LED, lo que ayudará a disminuir el consumo de energía eléctrica y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, ya que equivale a sacar de circulación más de 500 vehículos por año. Y es que el servicio de alumbrado público en Chiapas ha mejorado en los últimos años, gracias a la decisión del gobernador Manuel Velasco Coello de atender una añeja demanda de iluminación en los municipios. En este sentido, y con el objetivo de mejorar la calidad del servicio de alumbrado público y disminuir el consumo de energía eléctrica en la entidad, el gobierno de Manuel Velasco Coello implementa el programa “Iluminemos Chiapas” ver en [2].

Este esquema de alumbrado público da solución a una de las demandas más sentidas de la población, al contar con calles más iluminadas que ofrecen mayor seguridad a las familias chiapanecas. Municipios importantes como Comitán de Domínguez, Suchiapa, Tonalá, San Cristóbal de las Casas, Tapachula y Tuxtla Gutiérrez, han sido beneficiados con este programa [2]. Al tratar el tema con los beneficiarios, el mandatario explicó lo siguiente: “Con Iluminemos Chiapas apoyamos a los gobiernos municipales a cumplir con su responsabilidad de brindar iluminación pública de calidad, porque queremos que las familias chiapanecas cuenten con mejores servicios, al tiempo que ayudamos al medio ambiente” [2].

A su vez el colegio de ingenieros mecánicos y electricistas (CIME) dio a conocer un proyecto de iluminación para alumbrado público energizando con paneles solares buscando un consumo menor de energía pero sobre todo propiciar el cuidado del medio ambiente.

El Colegio de Ingenieros Mecánicos y Electricistas (CIME) en el estado de Chiapas, presentó el Proyecto de Optimización de Energía Eléctrica por medio de Energía Solar para el alumbrado público en Tuxtla Gutiérrez, lo que permite un ahorro en la economía local y el cuidado del medio ambiente[3].

Durante la rueda de prensa, el responsable del proyecto, Juan José Morales Martínez, encargado de la Comisión de Capacitación del CIME, expuso que con dicho proyecto se

puede ahorrar hasta 3 millones 919 mil 960 pesos de manera anual en la instalación de paneles solares en los postes de alumbrado eléctrico que se están colocando dentro de la capital chiapaneca en [3].

Cabe mencionar que la Secretaría de Infraestructura del estado de Chiapas, contempla la instalación de 3 mil 500 de estos postes a base de luminarias con tecnología LED, en Tuxtla Gutiérrez, es en base a estos datos que el CIME realizó un estudio que determinó el costo de inversión, tiempo de recuperación y ahorro con la utilización de paneles solares[3].

Morales Martínez precisó que al ayuntamiento capitalino gastaría 6 millones 900 mil pesos, de acuerdo a la tarifa que maneja Comisión Federal de Electricidad (CFE), esto sin el uso de la energía solar, es por ello la importancia, pues con estos paneles se reduciría casi a la mitad de precio en [3].

En cuanto a la aplicación de un sistema de alumbrado público automatizado no existe registro de algún proyecto que tenga contemplado algo semejante para su aplicación en el mundo real. Sin embargo en otros países ya se está implementando este tipo de tecnología con el fin de ahorrar energía, en México la Universidad Autónoma de México inicio la implementación de este sistema el 26 de julio de 2012.

2 Alumbrado Público.

Este capítulo define los parámetros necesarios para poder realizar el diseño de un sistema de alumbrado público para esto se toma en cuenta diferentes factores tomados de Normas establecidas para el desarrollo de iluminación urbana. A su vez se desarrolla el diseño de un alumbrado público siguiendo las especificaciones obtenidas de la vía.

Un sistema de alumbrado público se define como:

Sistema de iluminación que tiene como finalidad principal el proporcionar condiciones mínimas de iluminación para el tránsito seguro de peatones y vehículos en vialidades y espacios [4].

2.1 Requisitos generales de diseño de alumbrado público.

- a) **Requerimientos de visibilidad.** La iluminación de un sistema de alumbrado público debe ser adecuada para el desarrollo normal de las actividades tanto vehiculares como peatonales en [5]. Para lo cual se debe tener en cuenta la confiabilidad de la percepción y la comodidad visual, aplicando la cantidad y calidad de la luz sobre el área observada y de acuerdo con el trabajo visual requerido. Así, para cumplir esos requerimientos de luz se debe hacer una cuidadosa selección de la fuente y la luminaria apropiada teniendo en cuenta su desempeño fotométrico, de tal forma

que se logre los requerimientos de iluminación con las mejores interdistancias, las menores alturas de montaje y la menor potencia eléctrica de la fuente posible [5].

- b) **Cantidad y calidad de luz.** Se ha establecido como el objetivo del alumbrado público permitir a los usuarios de la calzada y del andén, circular sobre ellos en las horas de la noche, de manera segura, cómoda y a velocidades preestablecidas [5].

La seguridad se logra si el alumbrado permite a los usuarios que circulan a velocidad normal evitar un obstáculo cualquiera. La iluminación debe permitir, en particular, ver a tiempo los bordes, las aceras, separadores, encrucijadas, señalización visual y en general toda la geometría de la vía en [5]. Para este efecto, está establecido que el criterio de seguridad consiste en la visibilidad de un obstáculo fijo o móvil constituido por una superficie de 0,20 m x 0,20 m, con un factor de reflexión de 0,15.

Considerando que en [5]:

La seguridad de un peatón se logra si este puede distinguir el obstáculo a una distancia de 10 m o más.

La seguridad de un automovilista depende esencialmente de su velocidad. A velocidad media de 60 km/h, él debe percibir este obstáculo a una distancia hasta 100 m. Para velocidades superiores, esta distancia oscila entre 100 y 200 **Confiabilidad de la percepción.** Los objetos sólo pueden percibirse cuando se tiene un contraste superior al mínimo requerido por el ojo. Este valor depende del ángulo con el que se vea (afecta la cantidad de superficie aparente en la fórmula de luminancia) y de la distribución de la luminancia en el campo visual del observador (fondo para el contraste). Además, este valor define el tiempo de adaptación del ojo en dicha situación. La iluminación deberá perseguir dos elementos: el primero es proporcionar un elevado nivel de luminancia en el fondo, interpretado como la necesidad de proveer una Luminancia promedio L_{prom} elevada. (Téngase en cuenta que en todo el presente reglamento la luminancia promedio se refiere al promedio mantenido [5]).

Comodidad visual: El ambiente visual de un conductor está constituido principalmente por la visión de la calzada al frente del volante y en menor grado por el resto de su campo visual, que puede llegar a tener información para el conductor, como las señales de tránsito. La comodidad visual es una importante característica que redundará en la seguridad del tráfico vehicular. La falta de comodidad se traducirá en una falta de concentración por parte de los conductores que reducirá la velocidad de reacción debido al cansancio que se producirá en sus ojos [5]

2.2 Clases de iluminación según las características de las vías.

VÍAS VEHICULARES.

Los criterios que se deben tener en cuenta para asignar una clasificación de iluminación están asociados a las características de las vías, siendo las principales: la velocidad de circulación y el número de vehículos. Toda vía caracterizada con estas dos variables se les asignará un tipo de iluminación conforme a la **Tabla 2** en [5].

Tabla 2. Clases de iluminación para vías vehiculares.

Clase de Iluminación	Descripción vía	Velocidad de circulación (km/h)		Tránsito de vehículos T (Veh/h)	
		Extra alta	V>80	Muy importante	T>1000
M2	Vías de acceso controlado y vías rápidas.	Alta	60<V<80	Importante	500<T<1000
M3	Vías principales y ejes viales.	Media	30<V<60	Media	250<T<500
M4	Vías primarias o colectoras	Reducida	V<30	Reducida	100<T<250
M5	Vías secundarias	Muy reducida	Al paso	Muy reducida	T<100

En el mismo sentido, de acuerdo con las condiciones de control de tráfico y de existencia de separación de diferentes usuarios en la vía, también podrá usarse una clase de iluminación diferente. Las condiciones para disponer de dos clases de iluminación en una vía o su cambio como criterio inicial de diseño se establecen en la **Tabla 3** en [5].

Tabla 3. Variación en las Clases de iluminación por tipo de vía, complejidad de circulación y control del tráfico.

Descripción de la vía	Tipo de iluminación
Vías de extra alta velocidad, con calzadas separadas exentas de cruces a nivel y con accesos completamente controlados (Autopistas expresas). Con densidad de tráfico y complejidad de circulación⁽¹⁾:	
Alta $T > 1000$ (Veh./h)	M1
Media $500 < T < 1000$ (Veh. /h)	M2
Baja $T < 500$ (Veh. /h)	M3
Vías de extra alta velocidad, vías con doble sentido de circulación. Con control de tráfico⁽²⁾ y separación⁽³⁾ de diferentes usuarios de la vía:	
Escaso	M1
Suficiente	M2
Vías más importantes de tráfico urbano, vías circunvalares y distribuidoras. Con control de tráfico y separación de diferentes usuarios de la vía:	
Escaso	M2
Bueno	M3
Conectores de vías de poca importancia, vías distribuidoras locales, vías de acceso a zonas residenciales, Vías de acceso a propiedades individuales y a otras vías conectoras más importantes. Con control de tráfico y separación de diferentes usuarios de la vía:	
Escaso	M4
Bueno	M5

2.3 Vías para tráfico peatonal y ciclistas.

La iluminación de estas áreas debe garantizar que los peatones y ciclistas puedan distinguir la textura y diseño del pavimento, la configuración de bordillos, escalones marcas y señales; adicionalmente debe ayudar a evitar agresiones al transitar por estas vías. En la **Tabla 4** se presentan las siete clases de iluminación para diferentes tipos de vías en áreas peatonales en [5].

Tabla 4. Clases de iluminación para diferentes tipos de vías en áreas peatonales y de ciclistas.

DESCRIPCIÓN DE LA CALZADA	CLASE DE ILUMINACIÓN
Vías de muy elevado prestigio urbano	P1
Utilización nocturna intensa por peatones y ciclistas	P2
Utilización nocturna moderada por peatones y ciclistas	P3
Utilización nocturna baja por peatones y ciclistas, únicamente asociada a las propiedades adyacentes	P4
Utilización nocturna baja por peatones y ciclistas, únicamente asociada a las propiedades adyacentes. <i>Importante preservar el carácter arquitectónico del ambiente.</i>	P5
Utilización nocturna muy baja por peatones y ciclistas, únicamente asociada a las propiedades adyacentes. <i>Importante preservar el carácter arquitectónico del ambiente</i>	P6
Vías en donde únicamente se requiere una guía visual suministrada por la luz directa de las luminarias	P7

2.4 Requisitos de iluminación para áreas críticas.

La Establece en la Tabla 5 los requisitos fotométricos para las denominadas áreas críticas, valores adoptados de la Norma CIE 115 [5].

Tabla 5. Requisitos fotométricos para áreas críticas.

Clase de iluminación	Iluminancia Mínima Mantenido (luxes) (Sobre toda la superficie)	Uniformidad general $U_o \geq$ (%)
C0	50	40
C1	30	40
C2	20	40
C3	15	40
C4	10	40
C5	7.5	40

En áreas críticas que pertenezcan a vías vehiculares se deberán aplicar los criterios y clases de iluminación según la **Tabla 6**.

Tabla 6. Clases de iluminación en áreas críticas de vías vehiculares.

Área crítica	Clase de iluminación del área crítica(C) según clase de la vía a la que pertenece (M)
Pasos subterráneos	C(N) = M(N)
Intersecciones, cruces, rampas, puentes, entradas a divergencias o convergencias, áreas con ancho de carriles restringidos	C(N) si M(N)
Cruces ferroviarios	Simples C(N) si M(N) Complejos C(N-1) si M(N)
Glorietas sin señalización	Grandes C1 Medianas C2 Pequeñas C3
Área vehicular en fila de espera (p.ej. Aeropuertos, terminales de transporte, entre otros)	Grandes C1 Medianas C3 Pequeñas C5
TÚNELES	seguir recomendaciones de la norma CIE 88

2.5 Niveles exigidos de luminancia e iluminancia en alumbrado público

De acuerdo con los tipos de vías de cada municipio, los sistemas de alumbrado público se deben diseñar y construir con los valores fotométricos de las tablas más adelante. El diseño de iluminación debe considerar no solamente las calzadas vehiculares, sino las ciclo rutas y los andenes adyacentes, como componente del espacio público [5].

Tabla 7. Requisitos mínimos de iluminación para vías con ciclo rutas y andenes adyacentes.

Tipo de vía	Calzadas vehiculares				Ciclo-rutas adyacentes		Relación de alrededores		
	En andenes adyacentes		Alrededor sin andenes						
	L_{prom} cd/m ²	U_o ≥ %	U_l ≥ %	TI ≤ %	E_{prom} luxes	U_o ≥ %	E_{prom} luxes	U_o ≥ %	SR %
M1	2,0	40	50	10	20	40	13	33	50
M2	1,5	40	50	10	20	40	10	33	50
M3	1,2	40	50	10	15	40	9	33	50
M4	0,8	40	N.R.	15	10	40	6	33	N.R.
M5	0,6	40	N.R.	15	7.5	40	5	33	N.R.

L_{prom} es la luminancia promedio mínima mantenida. U_o es la uniformidad general. U_l es la uniformidad longitudinal, TI es la restricción del deslumbramiento, E_{prom} es la Iluminancia promedio y. N.R. No requerido. * Corresponde a vías de uso residencial exclusivamente en [5].

Tabla 8. Fotometría mínima en áreas críticas distintas a vías vehiculares [6].

Clasificación	Clase de iluminación	Iluminancia promedio (luxes)	Uniformidad general U_o ≥ %
Canchas múltiples recreativas	C0	50	40
Plazas y plazoletas	C1	30	33
Pasos peatonales subterráneos	C1	30	33
Puentes peatonales	C2	20	33
Zonas peatonales bajas y aledaños a puentes peatonales y vehiculares	C2	20	33
Andenes, senderos, paseos y alamedas peatonales en parques	C3	15	33
Ciclo-rutas en parques	C2	20	40
Ciclo-rutas, senderos, paseos, alamedas y demás áreas peatonales adyacentes a rondas de ríos, quebradas, humedales, canales y demás áreas distantes de vías vehiculares iluminadas u otro tipo de áreas iluminadas	C4	10	40

2.6 Localización de luminarias

Al iniciar un diseño de iluminación es necesario conocer las disposiciones que tiene el municipio que, para los diferentes operadores de servicios públicos, en cuanto a la localización de los postes y redes de energía, así como la red de alumbrado público, respecto al costado donde deben colocarse en la malla vial local, y si existe alguna restricción para la colocación de los postes exclusivos de alumbrado público en la malla arterial tanto principal como complementaria en [5].

La localización de las luminarias en la vía está relacionada con su patrón de distribución, con el ancho de la vía (W), con los requerimientos lumínicos de la vía, con la altura de montaje (H) de las luminarias, con el perfil de la vía, la proximidad a redes de AT, MT (en donde se deberán cumplir las normas de distancias mínimas de seguridad establecidas en el RETIE y zonas de servidumbres), líneas férreas, mobiliario urbano, etc [5].

Las interdistancias sólo se deben disminuir debido a obstáculos insalvables, como por ejemplo sumideros de alcantarillas, rampas de acceso a garajes existentes, interferencia con redes de servicios públicos existentes y que su modificación resulte demasiado onerosa comparada con el sobre costo que representa el incremento del servicio de alumbrado público, etc [5].

Se debe buscar obtener interdistancias más elevadas mediante la utilización secuencial de las siguientes alternativas en [5]:

- a) Escoger la luminaria más apropiada.
- b) calibrar el reglaje de la luminaria para aumentar su dispersión
- c) Aumentar la inclinación de la luminaria (pasando de 0° hasta 20°);
- d) Utilizar brazos con mayor longitud y por tanto de mayor alcance.
- e) Aumentar la longitud del brazo para que el avance de la luminaria sobre la calzada sea mayor.

2.7 Coexistencia de las luminarias con los árboles en las vías.

La arborización en el casco urbano de un municipio debe estar sometida, como todo lo público, a unas normas regulatorias que faciliten la coexistencia con la red eléctrica aérea o subterránea, los andenes, la iluminación y demás elementos del mobiliario urbano. Se deben evitar especies como el ficus, los cauchos y ceibas, mientras se recomienda plantar árboles de follaje liviano, lo cual se hace separando el punto de siembra al menos 1,5 m de la proyección que da la red aérea sobre el piso [5].

Debe tenerse en cuenta que no es necesario podar los árboles mas allá de las ramas que interfieran con el haz luminoso útil (**Figura 1**) ya que el follaje restante permite mejorar el apantallamiento de la instalación y por ende, mejora la visibilidad de obstáculos por efecto silueta [5]. En todos los casos, es mejor planear desde el momento de iniciar el diseño de la calzada los sitios para las redes de servicios públicos, tanto aéreos como subterráneos. Si una luminaria debe cambiar su interdistancia en un 10%, esto no afectará la calidad de la iluminación de manera apreciable. Incluso si se trata de una sola luminaria, es aceptable hasta un 20% de desviación. El parámetro principal a cambiar, por efectos de la arborización, es el avance de la luminaria sobre la calzada, el cual depende del brazo. De esta manera, se garantiza la efectividad y apariencia de la instalación de alumbrado en [5].

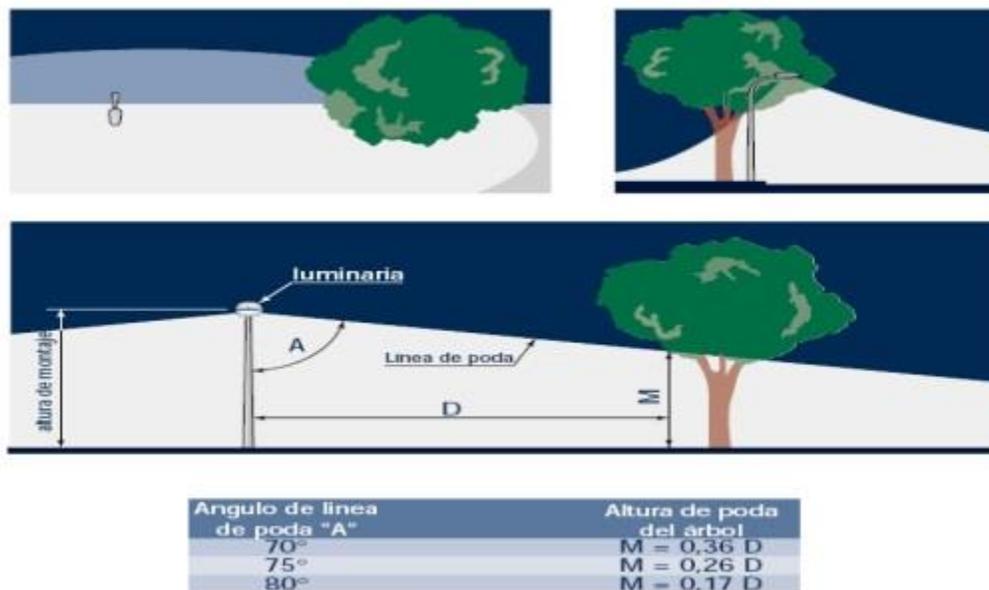


Figura 1. Separación mínima entre los árboles y los postes con las luminarias de alumbrado público, para evitar sombras sobre la vía.

2.8 Cálculos y diseño del sistema de iluminación.

2.8.1 Criterios de diseño.

En los diseños fotométricos de los proyectos de alumbrado público, se deben tener en cuenta los siguientes lineamientos y conceptos generales, según se aplique [5]:

- a) Se debe realizar el levantamiento de la infraestructura de alumbrado público existente (postes, luminarias, canalizaciones, transformadores, etc.), con el fin de determinar su continuidad, su retiro parcial o total, su reubicación o modificación, así como de integrarla con el nuevo proyecto para evitar la duplicidad de infraestructura de alumbrado público. Al efecto, se deberá evaluar la influencia de la iluminación existente que permanezca y la infraestructura aprovechable. En los

casos de retiro, se deben relacionar las cantidades en las memorias del proyecto y en los planos definitivos, la identificación (rótulo) de cada luminaria que se eliminará o se reubicará. Esta información se debe consignar también en las actas de entrega de obra en [5].

- b)** En los casos en que se considere necesario alterar o restringir los parámetros para el diseño fotométrico (potencias de luminarias, niveles de iluminancia/luminancia, alturas de montaje de luminarias, condiciones especiales en el espacio público y su amoldamiento, modulación arquitectónica, accidentes geográficos, restricciones por la interferencia con líneas eléctricas de alta tensión, canales, ductos de servicio público, edificaciones, puentes, entradas vehiculares a supermercados, parqueaderos, estaciones de servicio, etc.), el diseñador debe registrar en el proyecto de tales situaciones [5].
- c)** El diseño fotométrico debe concatenarse con los diseños de espacio público, de urbanismo y paisajismo, haciendo claridad en que la calidad y la cantidad de la iluminación deben prevalecer, pero manteniendo armonía con la modulación del espacio público y la ubicación del mobiliario urbano [5].
- d)** En lo posible y dependiendo de la magnitud de la obra, se debe disponer como mínimo de tres alternativas de diseños fotométricos utilizando luminarias certificadas de diferentes marcas. Los planos de los diseños fotométricos deben entregarse debidamente identificados y avalados por el responsable de su elaboración. Con el propósito de garantizar el manejo de intersecciones y transiciones en los cambios de perfil, no se deberá aceptar la presentación de los proyectos fotométricos en tramos o perfiles típicos, sino que se deben desarrollar en su totalidad, permitiendo reflejar las cantidades de obra del proyecto. Los cálculos fotométricos se deberán realizar para cada tipo de perfil de vía y en las zonas críticas. En caso de presentarse modificaciones posteriores, se deberá indicar la versión y la fecha de actualización en [5].
- e)** Como resultado del diseño fotométrico, se debe especificar en forma escrita en las memorias de cálculo y gráficamente sobre los planos de diseño fotométrico lo siguiente: la altura de montaje, perfil de la vía (ancho de andenes, calzadas, ciclo rutas, etc.), interdistancias, inclinación, posición de bombilla y avance de la luminaria en [5]. Se debe dar claridad en lo que respecta al ángulo de inclinación del conjunto brazo-luminaria (conjunto óptico) y su avance total. Así mismo, anexar la matriz de intensidades certificada con la cual se realizan los cálculos, se debe indicar la posición (reglaje) de la bombilla a la cual corresponden. La información antes descrita de los estudios y diseños fotométricos de la alternativa seleccionada debe consignarse también en los planos eléctricos. Toda la anterior

documentación se deberá usar en las labores de construcción, interventoría e inspección por parte de los organismos acreditados [5].

- f) Las zonas peatonales deben iluminarse en lo posible con las mismas luminarias que iluminan las vías . La utilización del sistema doble propósito o doble luminaria para la iluminación de calzadas y de manera simultánea ciclo rutas, andenes y demás áreas peatonales, se debe aplicar sólo cuando los niveles calculados obtenidos por la influencia de las luminarias dispuestas para la calzada no sean suficiente, lo cual deberá demostrarse y soportarse con cálculos fotométricos o con mediciones de campo. Así mismo, no se deberán proyectar luminarias hacia los andenes en sistema doble o doble propósito, cuando éstos sean de ancho igual o inferior a 3 m o se presente interferencia con edificaciones, árboles, etc [5].

- g) Cuando exista o se proyecten vías con separadores con un ancho mayor o igual a 1,5 metros, deberá darse prioridad al diseño con disposición central doble, sin detrimento de la cantidad y la calidad de la iluminación de las áreas peatonales, ciclo rutas y demás áreas en los andenes, garantizando el cumplimiento de las distancias mínimas de seguridad de los postes al sardinel, que debe ser de 0,6 m. En los separadores se deberán utilizar postes con doble luminaria a menos que el ancho del separador sea mayor de 4 m u otros factores debidamente justificados obliguen a la instalación de doble fila de postes con luminarias sencillas en [5].

- h) En lo referente a la proyección de arborización o coexistencia con árboles, deben considerarse distancias mínimas a los postes de alumbrado público, dependiendo del porte de los árboles proyectados o existentes, con el fin de evitar la interferencia futura del follaje con la distribución del flujo luminoso [5].

- i) En las intersecciones viales grandes y complejas como glorietas y puentes vehiculares a diferentes niveles, o en plazas y otras áreas de gran extensión, se deberá considerar la conveniencia de instalar luminarias o proyectores para fuentes de sodio de alta presión y potencias grandes, en postes de 16 m a 27 m para lograr una iluminación general, y comparar con alternativas que usen postes de menor altura y fuentes de menor potencia con instalación localizada o puntual. Para estos efectos, es importante verificar todos los aspectos: técnicos, arquitectos, sociales y económicos (costos iniciales, de operación: mantenimiento y consumo de energía y de reposición), sin desconocer aspectos prácticos como las facilidades de acceso al mantenimiento periódico (sustitución de componentes, limpieza del compartimiento óptico, pintura, etc.) y la confiabilidad del sistema seleccionado[5].

- j) Para poder tener referentes de comparación entre las distintas propuestas, el diseñador debe realizar la evaluación y comparación técnica y económica para una vida útil de 30 años, comparando al menos tres alternativas de los equipos de iluminación [5].
- k) Para la comparación el diseñador debe establecer las cantidades definitivas totales de obra civil (cajas de inspección, canalizaciones, etc.) y eléctrica (postes, bombillas, luminarias, conductores, empalmes, etc.) asociadas exclusivamente al proyecto de alumbrado público, tomando precios de referencia establecidos por la CREG en la metodología de costos máximos del servicio de alumbrado público o los del mercado cuando estos sean menores [5].

El valor de las luminarias deberá corresponder con el precio ofertado y las consideraciones sobre ajuste si existen para el periodo de evaluación, y estará soportado con el compromiso de suministro por parte del comercializador o fabricante en [5].

Además de los costos iniciales de materiales, equipos y mano de obra, la evaluación debe contemplar los costos anuales de operación (mantenimiento y consumo de energía eléctrica, incluyendo las pérdidas) y el valor de salvamento de la infraestructura en el horizonte analizado[5].

Para efectos de trazabilidad del proyecto se deberá dejar memoria, sobre las reuniones de carácter interinstitucional realizadas para definir criterios y lineamientos específicos para los estudios y diseños fotométricos. Los proyectos Tipo A y Tipo B, pueden presentar una sola alternativa, la cual no podrá contener costos por encima de los valores determinados en la metodología expedida por la CREG [5].

2.8.2 Cálculos de iluminancia para alumbrado publico

Para realizar los cálculos de iluminancia se deben tomar en cuenta una gran cantidad de factores, el uso de la vida, la velocidad promedio de automóviles que circulan, la forma de la calle; si esta es una baja, una curva, si no tiene inclinación, etc. También se tiene que tomar en cuenta si existe vegetación en la zona y que tipo de vegetación es la que hay en existencia para que de este modo se puedan ubicar de manera adecuada las luminarias en la zona en donde se diseñó el sistema de alumbrado.

A continuación, se definirá la forma de realizar cada uno de los cálculos lumínicos necesarios en los proyectos de iluminación:

Si se requiere un análisis detallado del diseño, se hace esencial la utilización del computador para confiabilidad y agilidad de los cálculos, los cuales se realizan con base en los datos fotométricos certificados de la luminaria suministrada por los fabricantes o comercializadores [4].

2.8.3 Densidad de Potencia Eléctrica para Alumbrado (DPEA)

La determinación de la DPEA se calcula a partir de la carga total conectada para alumbrado y del área total por iluminar, de acuerdo con el siguiente método de cálculo: La expresión genérica para el cálculo de la Densidad de Potencia Eléctrica para Alumbrado (DPEA), es en [4]:

$$DPEA = \frac{\text{Carga total conectada para alumbrado}}{\text{Área total iluminada}}$$

Donde la Densidad de Potencia Eléctrica para Alumbrado (DPEA) está expresada en W/m², la carga total conectada para alumbrado está expresada en watt y el área total iluminada está expresada en metro cuadrado. Los anchos de calle deben considerarse sin incluir las áreas destinadas a aceras o camellones en [4].

En caso de utilizar súper postes el área total iluminada debe considerarse un diámetro de 6 veces la altura de montaje del súper poste. A partir de la información contenida en el proyecto del sistema de alumbrado, la memoria de cálculo para los niveles de iluminación, la uniformidad y de los valores de potencia real nominal obtenidos de los fabricantes de los diferentes equipos para alumbrado considerados en dicha instalación, se cuantifica la carga total conectada, así como el área total iluminada a considerarse en el cálculo para la determinación de la DPEA del sistema en [4].

En el caso de los equipos para alumbrado que requieran el uso de balastos u otros dispositivos para su operación, se considera para fines de cuantificar la carga total conectada para alumbrado, el valor de la potencia nominal del conjunto balastro-lámpara-dispositivo [4].

2.8.4 Iluminancia mínima promedio (E_{prom})

La determinación de la iluminancia mínima promedio se calcula de acuerdo con la siguiente expresión genérica en [4]:

$$E_{prom} = \frac{P_1 + 2P_2 + P_3 + 2P_4 + 4P_5 + 2P_6 + P_7 + 2P_8 + P_9}{16}$$

Donde:

E_{prom} es la iluminancia mínima promedio.

P1, P2, P3, P4, P5, P6 P7, P8, P9 son las iluminancias de los 9 puntos.

2.8.5 Uniformidad promedio máxima

La determinación de la uniformidad promedio máxima se calcula de acuerdo con la siguiente expresión genérica en [4]:

$$U_{max} = \frac{E_{prom}}{E_{min}}$$

Donde:

U_{max} es la uniformidad promedio máxima.

E_{prom} es la iluminancia mínima promedio

E_{min} es la iluminancia mínima de la medición de los nueve puntos.

Estos son cálculos tradicionales llevado a cabo de forma manual para saber la uniformidad de un sistema de iluminación, su potencia conectada a carga y su uniformidad máxima, por lo general se utiliza un solo calculo debido a que en la mayoría de casos las vías repiten los mismos patrones característicos que son propios de cierta clasificación. Para tener un sistema con la iluminación adecuada se deben realizar cálculos con herramientas computacionales como la herramienta DIALux que proporciona los valores más adecuados para su desarrollo en el mundo real [4].

3 Automatización.

Este capítulo trata sobre la automatización un proceso bastante importante para el desarrollo de este proyecto ya que por medio de la programación y utilización de la herramienta llamada PLC se lograra automatizar el encendido de las luminarias, provocando que se tenga un ahorro energético considerable durante el encendido de estas. El principal objetivo de automatizar el sistema de alumbrado público es generar un ahorro en el consumo energético por medio de un encendido paulatino, para su desarrollo se debe conocer de qué trata un plc, como funciona

3.1 Definición automatización

Se define la automática como el conjunto de métodos y procedimientos para la sustitución del operario en tareas físicas y mentales previamente programadas. De esta definición original se desprende la definición de la automatización como la aplicación de la automática al control de procesos industriales.

3.2 ¿Qué es un PLC?

Los "PLC" (Programmable Logic Controllers, por sus siglas en inglés) son dispositivos electrónicos que puede programar, el proveedor que lo suministra o programadores que laboran en su empresa y personalizará este equipo con funciones automáticas según sus necesidades de control. Un PLC es como un cerebro que acciona a otros componentes de su maquinaria para que ejecuten acciones que pudieran ser peligrosas o muy lentas al hacerlas manualmente en [7].

Con estos controles, el programa no está determinado por la conexión entre varios relés individuales, sino por el contenido del software. Los PLC principalmente procesan señales binarias [7].

Los PLC ofrecen las siguientes ventajas:

- Menor cantidad de bloques lógicos en el software, en sustitución de numerosos relés
- Cableado sencillo
- Posibilidad de modificar los programas de modo rápido y eficiente
- Localización sencilla de fallos
- Solución más económica que otras alternativas

El componente principal de un PLC es el sistema de microprocesadores. Mediante la programación del microprocesador se define lo siguiente [7]:

- Determinación de las entradas (E1, E2, etc.) que se registrarán y en qué orden
- La forma de relacionar entre sí esas señales de entrada.

En qué salidas (A1, A2, etc.) se pondrán las señales correspondientes a los resultados del procesamiento de las señales de entrada. Ello significa que en un PLC, el comportamiento del sistema de control no se define mediante la conexión de módulos eléctricos (hardware), sino mediante un programa (software) en [7].

3.3 Símbolos lógicos del software de control FluidSIM

Los sistemas de control únicamente pueden ser eficientes si los pasos incluidos en los procesos se ejecutan en el momento preciso, en la posición exacta y en el orden correcto. Para cumplir estas condiciones es necesario disponer de un hardware fiable y, además, de un software que permita la planificación de procesos técnicos complejos y que sea capaz de controlarlos [7]. Además, la interfaz de usuario debe corresponder a los estándares internacionales.

El software FluidSIM cumple estas condiciones. FluidSIM ofrece tres posibilidades para desarrollar un sistema de control en [7]:

- Esquemas de circuitos neumáticos
 - Esquemas de circuitos eléctricos
 - Esquemas de circuitos lógicos
- Todos estos tipos de esquemas pueden combinarse entre sí. La modalidad de simulación permite comprobar las funciones de control antes de aplicarlas en el modelo real. De esta manera es posible verificar el buen funcionamiento de la solución en el ordenador, antes de hacerlo con los componentes reales y correr el riesgo de dañarlos [7].

En la siguiente tabla se ofrece una información general sobre los símbolos lógicos más importantes, disponibles en FluidSIM.

Tabla 9. Simbología software FluidSim.

Símbolo	Referencia	Funcionamiento
	AND	Conmuta la salida a 1 cuando todas las entradas están en 1 Las entradas no ocupadas siempre están en 1
	OR	Conmuta la salida a 1 cuando, como mínimo, una entrada está en 1 Las entradas no ocupadas siempre están en 0
	NO	Invierte el valor de la entrada
	NO Y (NAND)	Conmuta la entrada a 0 cuando todas las entradas están en 1. Las entradas no ocupadas siempre están en 1
	Elemento de autorretención	Conmuta la entrada a 1 cuando la entrada superior conmuta a 1. La salida sólo conmuta a 0 cuando la entrada inferior conmuta a 1
	Retardo de conexión/desconexión	Si la entrada está en 1, la salida conmuta a 1 después de transcurrido el tiempo previsto. La entrada vuelve a conmutar a 0 después de transcurrido el segundo tiempo ajustado previamente.
	Reloj	La salida conmuta a 1 después del tiempo previsto para la conexión. La salida vuelve a conmutar a 0 después de transcurrido el tiempo previsto para la desconexión. Este proceso puede repetirse.
	Flags (marcas)	La salida asume el valor de la entrada. Es necesario porque algunos bloques lógicos no pueden estar conectados a la salida de otro bloque lógico.
	Contador	Cuenta las veces que en la entrada central se tuvo el valor 1. Después de alcanzar la cantidad de impulsos de conteo ajustada previamente, la salida conmuta a 1. En la entrada inferior se puede decidir si el conteo es ascendente o descendente. En la entrada superior puede reponerse a cero el contador.

3.4 Ejemplos de programación

Ejemplo 1:

Auto retención en la Figura 2 se puede apreciar un esquema con un cilindro de doble efecto y una válvula monoestable de 4/2 vías. La tarea consiste en crear un programa de PLC para que el vástago avance cuando se presiona el pulsador T1. El vástago deberá volver a retroceder cuando el detector de posición 1S1 constata que llegó a la posición final delantera ver en [7]

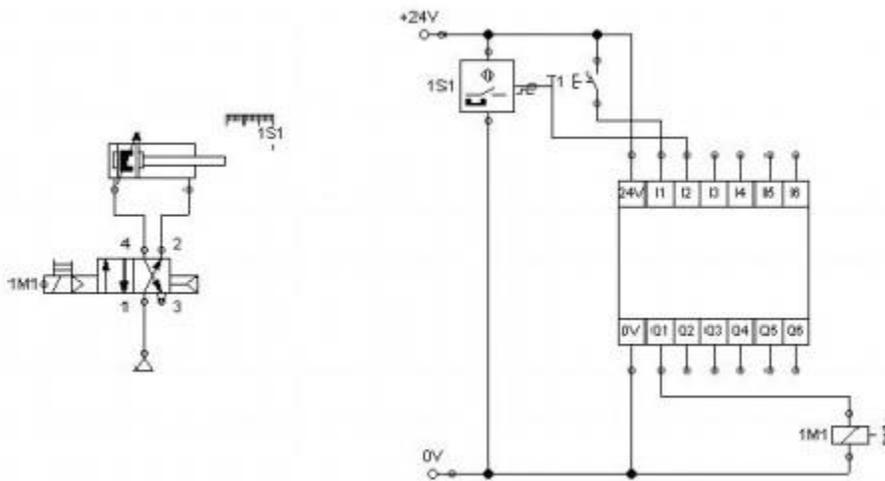


Figura 2. Ejemplo de un circuito de auto retención.

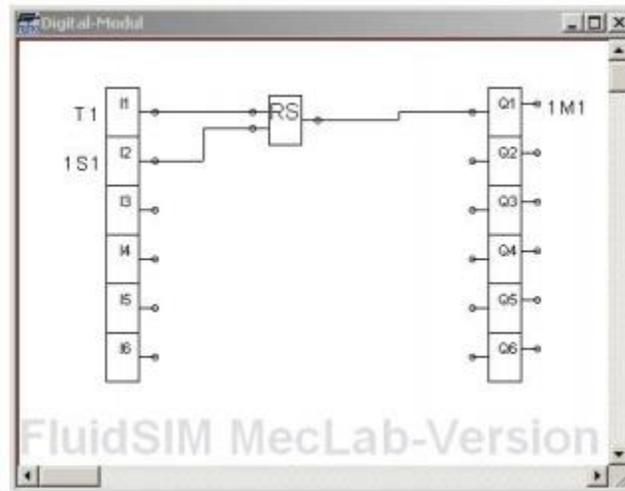


Figura 3. Simulación de un circuito de auto retención.

En la **Figura 3** se muestra el correspondiente programa PLC. El pulsador T1 está conectado a la entrada I1 del PLC. Este pulsador activa un elemento de autor retención que activa la bobina 1M1 que está conectada a la salida Q1 del PLC ver en [7]

Quando el émbolo del cilindro 1A se encuentra en la posición final posterior, se activa el detector 1S1 que está conectado a la entrada I2 del PLC. El elemento de autor retención de desactiva y, por lo tanto, también la salida Q1. La válvula conmuta a posición inicial y el vástago del cilindro retrocede [7]

Ejemplo 2:

En la Figura 4 se muestra un esquema neumático modificado. El cilindro está equipado con dos detectores de posición, uno en la posición final delantera y otro en la posición final posterior. La tarea consiste en desarrollar un programa para que el cilindro avance cuando se encuentra en la posición final posterior y si se presiona el pulsador. El vástago deberá avanzar completamente y quedarse en esa posición durante 3 segundos. A continuación, deberá volver a retroceder [7]

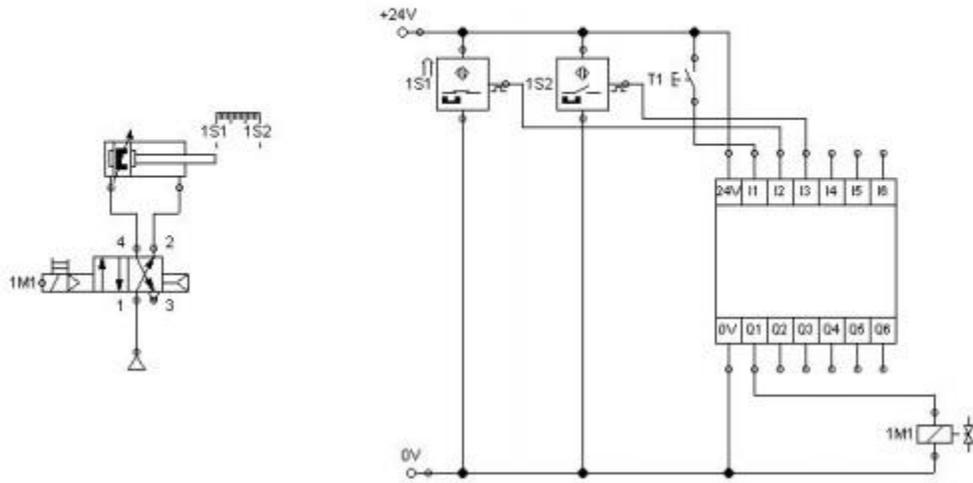


Figura 4. Ejemplo de esquema Neumatico.

En la **Figura 5** se muestra el correspondiente programa PLC. Las entradas I1 y I2, a las que están conectados el pulsador de START y el detector de posición 1S1, están relacionados entre sí mediante un enlace de Y (el elemento High también pone en 1 la tercera entrada que, en realidad, no se utiliza) ver en [7]. Si el cilindro se encuentra en la posición final posterior y si se presiona el pulsador, todas las entradas del enlace en Y están en 1. De esta manera, se pone en 1 la salida del enlace de Y y la entrada del elemento de autorretención. En estas condiciones, el cilindro avanza.

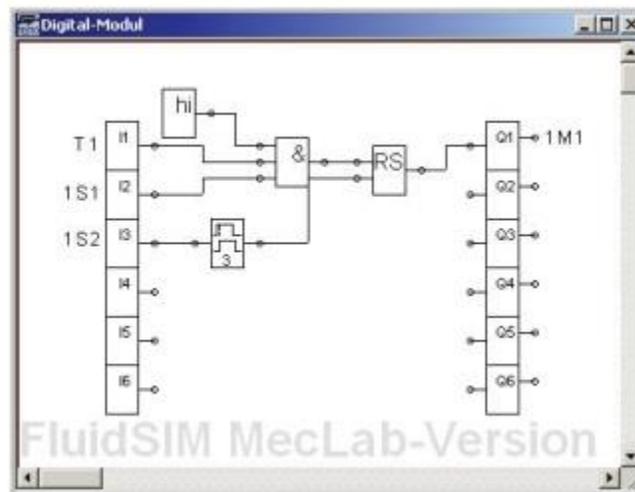


Figura 5. Simulación de un circuito neumático

4 Sistema fotovoltaico

Las celdas fotovoltaicas son dispositivos captadores de luz solar utilizados para generar energía eléctrica. Existen distintos tipos de estos dispositivos que en la actualidad están siendo de vital importancia debido a que la energía eléctrica convencional causa daños sumamente importantes al medio ambiente del planeta tierra.

Para entender que son estos dispositivos a continuación se describe su funcionamiento y los tipos de celdas fotovoltaicas existentes.

4.1 Características de las celdas fotovoltaicas

Como se mencionó anteriormente, las celdas fotovoltaicas están hechas de materiales semiconductores, generalmente silicio, y están especialmente tratados para formar un campo con positivo en un lado (parte trasera) y negativo en el otro lado. Cuando la energía solar (fotones) golpea la célula PV, los electrones se desprenden de los átomos en el material semiconductor, creando pares de electrón-agujero [8].

Si es eléctrico los conductores se unen a los lados positivo y negativo, formando un circuito eléctrico, los electrones se capturan en forma de corriente eléctrica, llamada fotocorriente, I_{ph} . Como se puede entender de esta descripción, durante la oscuridad, la célula PV no está activa y funciona como un diodo (unión p-n) que no produce ninguna corriente o voltaje. Sin embargo, si está conectado a un suministro externo de gran voltaje, genera una corriente, llamada diodo o corriente oscura, I_D . Una célula fotovoltaica generalmente está representado por un modelo eléctrico de un diodo equivalente, se muestra en la figura 6 en [8]. Este circuito se puede usar para una célula FV individual, una Módulo PV que consiste en un número de celdas, o un conjunto de PV que consiste en de varios módulos.

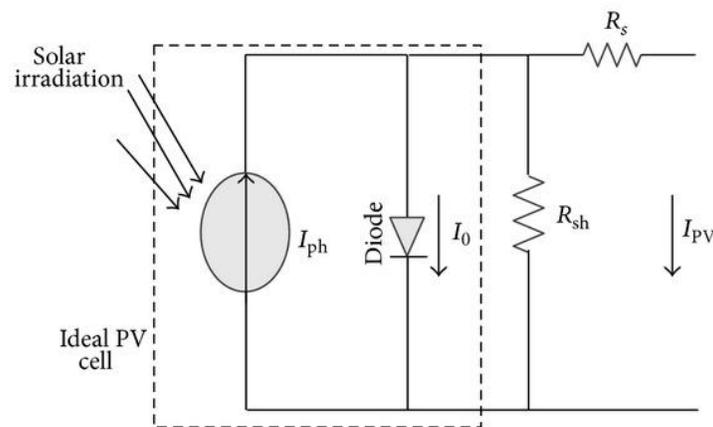


Figura 6. Circuito equivalente de una celda fotovoltaica.

Como se muestra en la Fig. 1, el modelo contiene una fuente de corriente, I_{PH} , uno diodo, y una serie de resistencia R_S , que representa la resistencia dentro de cada celda. El diodo también tiene una resistencia de derivación interna. la corriente neta es la diferencia entre la fotocorriente I_{PH} y la I_D de corriente de diodo normal, dada por [8]:

$$I = I_{PH} - I_D - \frac{V + I R_S}{R_{SH}} = I_{PH} - I_0 \exp \left(\frac{V + I R_S}{K T C} \right) - \frac{V + I R_S}{R_{SH}}$$

Debe tenerse en cuenta que la resistencia a la derivación suele ser mucho mayor que una resistencia de carga, mientras que la resistencia en serie es mucho más pequeña que una resistencia de carga. Por lo tanto, al ignorar estas dos resistencias, la corriente neta es la diferencia entre la fotocorriente I_{PH} , y la I_D de corriente de diodo normal, dada por [8]:

$$I = I_{PH} - I_D = I_{PH} - I_0 \left[\exp \left(\frac{eV}{K T C} \right) - 1 \right].$$

Donde k es la constante de gas de Boltzmann, $1.381 \times 10^{-23} \text{ J / K}$.

T_C es temperatura absoluta de la celda (K).

e es carga electrónica, $1.602 \times 10^{-19} \text{ J / E}$.

V es el voltaje impuesto a través de la celda (V).

I_0 es la corriente de saturación, que depende fuertemente de la temperatura (A). Otra ecuación importante es para voltaje de circuito abierto V_{OC} :

$$V_{OC} = \frac{kT}{q} \ln \left(\frac{I_{PH}}{I_0} + 1 \right) \approx \frac{kT}{q} \ln \left(\frac{I_{PH}}{I_0} \right).$$

La **Figura 7** muestra una característica I-V del módulo PV junto con la curva de potencia [9].

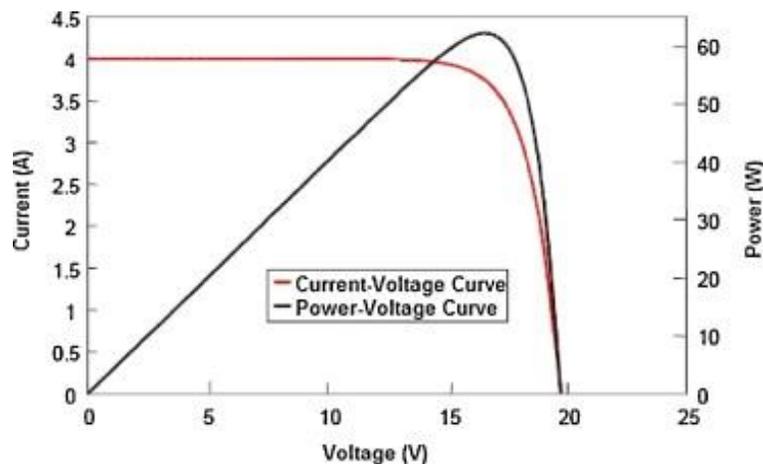


Figura 7. I-V característica de un módulo fotovoltaico de silicio cristalino con la variación de poder.

4.2 Sistemas fotovoltaicos

Para la aplicación de un sistema fotovoltaico, se debe tomar en cuenta el tipo de sistema que se pretende utilizar, este deberá ser elegido de acuerdo a los requerimientos que se necesiten para su aplicación idónea, los sistemas existentes son dos:

- Sistema fotovoltaico autónomo.
- Sistema fotovoltaico conectado a la red.

4.3 Sistema fotovoltaico autónomo

Muchos sistemas fotovoltaicos operan en modo independiente. Tales sistemas consisten en un generador fotovoltaico, almacenamiento de energía (por ejemplo, una batería), controladores de carga, consumidores de CA y CC y acondicionadores de potencia [8].

Por definición, un sistema independiente no implica interacción con una red de suministro eléctrico. Un generador FV puede contener varias matrices FV, mientras que cada array se compone de varios módulos fotovoltaicos. El banco de baterías almacena energía cuando la potencia suministrada por los módulos fotovoltaicos excede la carga demanda y lo libera cuando el suministro PV es insuficiente [8].

La carga para un sistema fotovoltaico independiente puede ser de muchos tipos, tanto DC (televisión, iluminación, etc.) y AC (motores eléctricos, calentadores, etc.).

El sistema de acondicionamiento de potencia (inversor, etc.) proporciona una interfaz entre todos los elementos del sistema fotovoltaico, dando protección y control ver en [8] .



Figura 8. Esquema de un sistema fotovoltaico autónomo.

4.4 Sistema fotovoltaico conectado a la red

En el sistema fotovoltaico conectado a la red, los sistemas fotovoltaicos están conectados a la red eléctrica local. Esto significa que, durante el día, la electricidad generada por el sistema fotovoltaico puede utilizarse inmediatamente (que es adecuado para sistemas instalados en oficinas, otros edificios comerciales y aplicaciones industriales) o se venderán a una de las compañías de suministro de electricidad (que es más común para los sistemas domésticos, donde el ocupante puede estar fuera durante el día) ver en [8].

En la noche, cuando el sistema fotovoltaico no puede proporcionar la electricidad requerida, la energía se puede volver a comprar de la red local.

Este tipo de sistema fotovoltaico no necesita incluir el almacenamiento de la batería. Los el diagrama de bloques de un sistema conectado a la red se muestra en la **Figura 9** en [8].

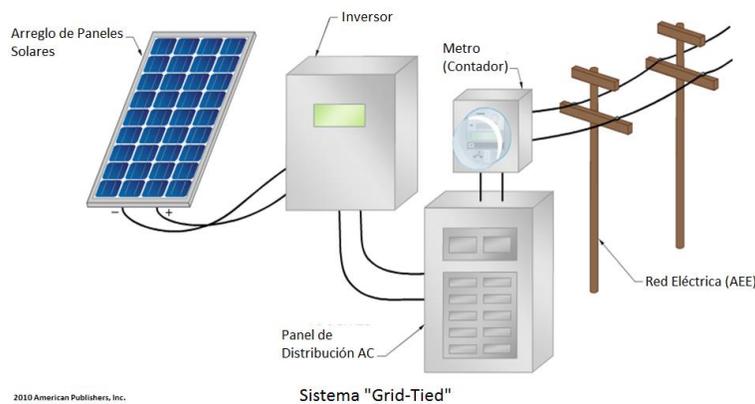


Figura 9. Sistema fotovoltaico conectado a la red de suministro eléctrico.

4.5 Tipos de módulos solares

Para la aplicación de módulos solares existen diversos tipos de estos, cada uno tiene un desempeño distinto de acuerdo al tipo de estructura y material con el que se encuentra construido, a continuación veremos algunos de estos ejemplos ver en [11].

Estructura mono cristalino de silicio:

La estructura cristalina de silicio fue la primera generación de tecnologías fotovoltaicas está hecha de cristalino estructura que utiliza silicio (Si) para producir las células solares que se combinan para hacer módulos fotovoltaicos[11].

Sin embargo, esta tecnología no está obsoleta sino que se desarrolla constantemente para mejorar su capacidad y eficiencia. Mono cristalino, poli cristalino y La envoltura del emisor

(EWT) son células bajo el paraguas del silicio estructuras cristalinas y se discuten en las siguientes secciones[11].

4.5.1 Celdas / paneles fotovoltaicos mono cristalino

Este tipo de célula es la más utilizada, constituye 80% del mercado y se sigue desarrollando una tecnología fotovoltaica eficiente y rentable. Esencialmente usa uniones cristalinas de Si p-n. Para fabricar mono cristalinos de silicio, un lingote de cristal único, se cultiva utilizando el método Czochralski ver en [11]. Debido al material de silicio, actualmente se intenta mejorar la eficiencia, está limitado por la cantidad de energía producida por los fotones ya que disminuye en longitudes de onda más altas.

Además, la radiación con longitudes de onda más largas conduce a la disipación térmica y esencialmente hace que la celda se caliente, por lo tanto, reduce su eficiencia La máxima eficacia del silicio mono cristalino ha alcanzado alrededor del 23% bajo STC, pero la más alta registrado fue 24.7% (bajo STC) en [11]. Debido a la combinación de célula solar resistencia, reflexión de la radiación solar y contactos metálicos disponibles en la parte superior, se generan auto pérdidas. Después de que se fabrica el lingote de Si a un diámetro entre 10 a 15 cm, luego se corta en obleas de 0.3 mm de espesor para formar una celda solar de aproximadamente 35 mA de corriente por cm² de área con una tensión de 0,55 V a plena iluminación. Para algunos otros materiales semiconductores con diferentes longitudes de onda, puede alcanzar el 30% (bajo STC) en [11].

4.5.2 Células / paneles fotovoltaicos policristalinos

Los esfuerzos de la industria fotovoltaica para reducir los costos y aumentar el rendimiento de la producción han llevado al desarrollo de nuevas técnicas de cristalización. Inicialmente, el poli cristalino era la industria solar dominante, mientras que el costo del Si era de \$ 340 / kg. Sin embargo, incluso con una reducción del precio del silicio a \$ 50 / kg, dicha tecnología se está volviendo más atractiva porque el costo de fabricación es menor aunque estas células son ligeramente menos eficientes (15%) que las mono cristalinas. La ventaja de convertir la producción de células solares cristalinas de mono silicio a multi-silicio es disminuir los defectos en la contaminación del metal y la estructura cristalina [11]. La fabricación de células poli cristalinas se inicia al fundir el silicio y solidificarlo para orientar los cristales en una dirección fija produciendo un lingote rectangular de silicio multi cristalino para ser cortado en bloques y finalmente en finas obleas. Sin embargo, este paso final puede abolirse cultivando cintas delgadas de oblea de silicio poli cristalino. Esta tecnología fue desarrollada por Evergreen Solar ver en [12].

4.5.3 Tecnología de película delgada

En comparación con las células de silicio cristalino, la tecnología de película delgada mantiene la promesa de reducir el costo de la matriz fotovoltaica al disminuir material y fabricación sin poner en peligro la vida útil de las células así como cualquier peligro para el medio ambiente [13].

A diferencia de las formas cristalinas de las células solares, donde las piezas de semiconductores se intercalan entre los paneles de vidrio para crear los módulos, los paneles de película fina se crean depositando capas delgadas de ciertos materiales sobre sustratos de vidrio o acero inoxidable (SS), utilizando sputtering herramientas. La ventaja de esta metodología radica en el hecho que el espesor de las capas depositadas que son de apenas unas pocas micras (más pequeño que 10 m) de espesor en comparación con las obleas cristalinas que tienden a tener varios cientos de micrones de espesor, además de posibles películas depositadas en hojas SS que permite la creación de módulos FV flexibles ver en [13]. La ventaja resultante es una reducción en la fabricación costo debido al proceso de deposición de alto rendimiento como así como el menor costo de los materiales.

4.5.4 Silicio amorfo

El silicio amorfo (a-Si) es una de las primeras tecnologías de película delgada Desarrollado [13]. Esta tecnología diverge de cristalina silicio en el hecho de que los átomos de silicio se encuentran al azar de cada otro [14]. Esta aleatoriedad en la estructura atómica tiene una gran efecto sobre las propiedades electrónicas del material que causa un mayor intervalo de banda (1,7 eV) que el silicio cristalino (1,1 eV). El bandgap más grande permite que las células a-Si absorban la parte visible del espectro solar con más fuerza que la porción infrarroja del espectro. Existen varias variaciones en esta tecnología donde los sustratos pueden ser de vidrio o SS flexible, unión en tándem, uniones dobles y triples, y cada uno tiene un rendimiento diferente [14].

4.5.5 Amorfo-Si uniones dobles o triples

Como las celdas a-Si tienen una eficiencia menor que las mono- y contrapartes de silicio poli cristalino. Con la máxima eficacia la eficiencia alcanzada en el laboratorio actualmente es de aproximadamente el 12%, los módulos de a-Si de unión simple se degradan después de estar expuestos a la luz solar y estabilizar alrededor del 4-8%. Esta reducción se debe al efecto Staebler-Wronski que causa los cambios en las propiedades de amorfo hidrogenado Si [15]. Para mejorar la eficiencia y resolver los problemas de degradación, enfoques como el desarrollo dispositivos de unión múltiple a-Si se han intentado y son se muestra en el gráfico. Esta mejora está vinculada a la estructura de diseño de dichas células donde diferentes longitudes de onda de se captura la irradiación solar (de longitud

de onda corta a larga). Las eficiencias de STC de tales tecnologías son de alrededor del 6-7% [15].

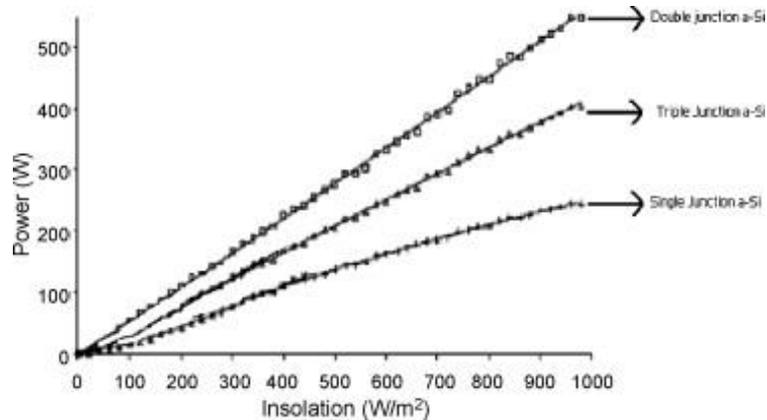


Figura 10. Variación de salida con insolación para sub-arreglos representativos.

5 Dimensionado de sistemas Fotovoltaicos con baterías

El propósito del dimensionado del sistema FV es el cálculo del número de módulos y baterías necesarias para suministrar de modo fiable un determinado consumo durante un año típico.

Esto involucra el balance entre dos objetivos, normalmente opuestos, máxima fiabilidad y mínimo coste [16]. El dimensionado de los sistemas FV ha sido objeto de amplios estudios teóricos, dando como resultado desde métodos simples hasta complejos modelos matemáticos. Nos basaremos aquí básicamente en un método simple que se denomina “método amperios-hora” [16].

Método “ amperios-hora” Este método se basa en el cálculo del consumo diario en amperios-hora, teniendo en cuenta las pérdidas entre la batería y las cargas y el rendimiento de carga de la batería. La batería se dimensiona teniendo en cuenta el “número de días de autonomía” [16].

Para dimensionar el generador FV son necesarios los datos de irradiación del lugar de la instalación. En el caso más normal se supone un consumo estacionario durante el año, en cuyo caso se necesitan los valores diarios medios en el plano del generador para el peor mes del año y el ángulo óptimo de inclinación. La radiación diaria también se puede considerar como “horas pico”. Una hora pico corresponde con 1000 Wh/m^2 , por tanto si la irradiación medida es $5800 \text{ Wh/m}^2/\text{día}$, es igual a 5.8 horas pico. Los módulos FV se dan a 1000 W/m^2 , por lo que los amperios hora diarios producidos por un módulo es igual a su corriente nominal multiplicado por el número de horas pico [16].

5.1 Cálculo de la potencia pico y de la corriente

Este paso es necesario para el dimensionado del regulador de carga, inversor, cableado, fusibles, etc..., de modo que puedan soportar la potencia pico. Consiste en sumar las potencias AC y DC del consumo y dividirlo por el voltaje de la batería para obtener la corriente pico, o corriente máxima de consumo [16].

5.2 Cálculo de la potencia pico y de la corriente

Este paso es necesario para el dimensionado del regulador de carga, inversor, cableado, fusibles, etc..., de modo que puedan soportar la potencia pico. Consiste en sumar las potencias AC y DC del consumo y dividirlo por el voltaje de la batería para obtener la corriente pico, o corriente máxima de consumo [16].

5.2.1 Dimensionado de la batería

La fórmula básica para calcular el tamaño de batería se obtiene multiplicando el número de días de autonomía por el consumo diario y dividido por la máxima profundidad de descarga ver en [16]:

$$\text{Capacidad de batería} = \frac{\text{N}^\circ \text{ días autonomía} \times \text{Consumo diario}}{\text{Máxima profundidad de descarga}}$$

Para sistemas no críticos, donde la LLP está entre el 1 y el 5%, se recomienda un número de días de autonomía entre 2 y 5, mientras que en sistemas críticos el número de días de autonomía puede incrementarse tomando un valor entre 5 y 10. Sin embargo es contraproducente tener una capacidad de batería muy grande si la potencia del generador FV no es suficiente para recargar dicha batería correctamente. El aumento de la fiabilidad se obtiene aumentando tanto el tamaño de generador como el de batería [16].

Esta fórmula básica para el cálculo de la capacidad de batería ha de ser modificada por factores que afecten la capacidad de batería y la máxima profundidad de descarga. Un primer factor que se ha de tener en cuenta es el hecho de que las baterías pierden capacidad cuando las temperaturas son muy bajas. Este factor de corrección en [16]:

$$\text{Régimen descarga medio (horas)} = \frac{\text{N}^\circ \text{ días autonomía} \times \text{tiempo de operación de las cargas}}{\text{Máxima profundidad de descarga}}$$

Por temperatura depende del régimen de descarga. A su vez la capacidad de la batería también varía con el régimen de descarga (la capacidad de la batería es mayor a corrientes de descarga muy bajas). El régimen de descarga medio se puede obtener como en [16]:

$$N^{\circ} \text{ baterías serie} = \frac{\text{Voltaje nominal sistema}}{\text{Voltaje nominal Batería}}$$

Donde el tiempo medio de operación de las cargas es: 24 horas en el caso de un consumo constante diario, el tiempo de operación de la carga en el caso de un solo consumo, o un tiempo promedio de operación en el caso de varios consumos operando diferentes tiempos [16].

$$N^{\circ} \text{ baterías serie} = \frac{\text{Voltaje nominal sistema}}{\text{Voltaje nominal Batería}}$$

El número de baterías conectadas en serie viene determinado por el cociente entre el voltaje nominal de las cargas del consumo y el voltaje nominal de la batería. El número de baterías conectadas en paralelo viene determinado por el cociente entre la capacidad necesaria de batería y la capacidad nominal de una sola batería [16].

$$N^{\circ} \text{ baterías paralelo} = \frac{\text{Capacidad necesaria batería}}{\text{Capacidad de una batería}}$$

Tabla 10. Ejemplo de variación de la capacidad nominal de la batería con el régimen de descarga (Normalmente estos datos son suministrados por el fabricante).

Modelo	Capacidad (Ah) para voltaje final de descarga 1.82 V/cell						
	5 horas	10 horas	24 horas	48 horas	72 horas	120 horas	240 horas
Vb2306	270	300	360	408	432	450	468
Vb2407	630	700	840	952	1008	1050	1092

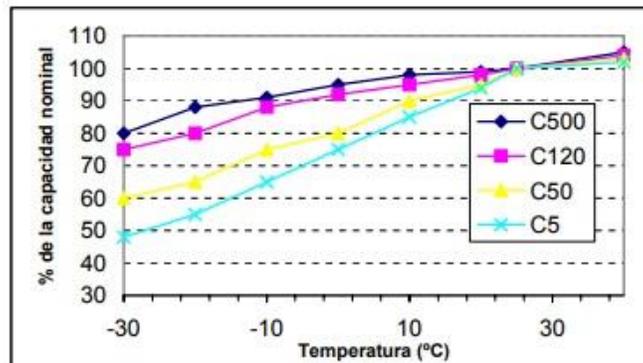


Figura 11. Ejemplo del efecto de la temperatura de operación y del régimen de descarga en la capacidad de la batería (Pb-ácido).

Otro factor que también se ha de tener en cuenta es el ajuste de la máxima profundidad de descarga para prevenir la congelación del electrolito en climas muy fríos. Cuando la batería esta completamente cargada el punto de congelación del electrolito es muy bajo. A medida que la batería se descarga, la densidad del electrolito se acerca a la del agua y su punto de congelación tiende a 0°C. En climas muy fríos, si se permite que la batería se descargue demasiado el electrolito podría congelarse dañando irreversiblemente la batería.

Otro factor que también se ha de tener en cuenta es el ajuste de la máxima profundidad de descarga para prevenir la congelación del electrolito en climas muy fríos. Cuando la batería está completamente cargada el punto de congelación del electrolito es muy bajo. A medida que la batería se descarga, la densidad del electrolito se acerca a la del agua y su punto de congelación tiende a 0°C. En climas muy fríos, si se permite que la batería se descargue demasiado el electrolito podría congelarse dañando irreversiblemente la batería ver en [16].

5.2.2 Dimensionado del generador

El dimensionado de la batería se ha realizado en base al número de días de autonomía. El dimensionado del generador FV se basa en suministrar el consumo medio diario. En primer lugar se determina el ángulo óptimo de inclinación del generador FV como aquel en el que se obtiene la mayor radiación en el peor mes del año (en relación con el consumo para cada mes) [16].

El número de horas de sol pico se obtiene como la radiación media para cada mes en $\text{Wh/m}^2/\text{día}$ dividido por 1000 W/m^2 .

La corriente de diseño del generador FV se obtiene dividiendo el consumo corregido en amperios-hora, obtenido anteriormente, entre el número de horas de sol pico. Esto proporciona los amperios que el generador ha de suministrar por cada 1000 Wh/m^2 de radiación solar [16].

Normalmente es suficiente con repetir el cálculo para tres inclinaciones (la latitud del lugar $\pm 15^\circ$). Se introduce un factor de corrección del módulo que tiene en cuenta que los módulos operan en condiciones diferentes de las nominales (STC). Se puede tomar un factor de 0.9 para silicio cristalino y 0.7 para silicio amorfo [16].

También se introduce un factor de ajuste para la descarga estacional de la batería durante largo tiempo. Este factor da como resultado una reducción de la capacidad del conjunto fotovoltaico cuando se proyecta usar la capacidad de almacenamiento de la batería para satisfacer completamente los requisitos de la carga durante el mes determinante para el

diseño del sistema. La utilización de estos factores se muestra en las hojas de dimensionado [16].

5.2.3 Controladores de carga

Los controladores de carga se incluyen en los sistemas FV para proteger las baterías contra sobrecargas y descargas excesivas. La mayoría de los controladores detectan la tensión de batería y actúan de acuerdo con los niveles de tensión. Algunos también poseen sensores de temperatura para compensar el efecto de la temperatura sobre la tensión de la batería y su estado de carga [16].

El controlador debe tener suficiente capacidad para controlar la máxima corriente del sistema. Se recomienda incluir un factor de seguridad de 1.25 respecto de la corriente de cortocircuito del generador para acomodar la corriente excesiva causada por el aumento de irradiancia que a veces producen las nubes durante cortos periodos de tiempo [16].

6 Diseño del sistema de automatización, alumbrado Publico y sistema fotovoltaico.

En este capítulo se describen la recopilación de datos y procedimientos para realizar la planificación del proyecto. Así como los resultados obtenidos mediante la realización de cálculos y simulaciones a través de diferentes softwares.

6.1 Cálculos de iluminación

Al realizar cálculos para iluminación de vías públicas se deben tomar en cuenta varios factores que posibiliten el realizar un diseño idóneo que cumpla con las normativas existentes en cuanto a la cantidad de iluminación que puede llegar a ser apropiada para un lugar en específico.

Los cálculos realizados mediante la herramienta DIALux se llevaron acabo de acuerdo a los siguientes datos que fueron recopilados de 4 calles y 4 avenidas divididas en 32 cuadras ubicadas en la ciudad de San Cristóbal de las Casas, Chiapas. Las calles son parte de los primeros cuadros de la ciudad, en el área conocida como el barrio de Guadalupe, las cuales son calles transitadas tanto por vehículos como por transeúntes.

En las siguientes imágenes se pueden observar las calles donde se ha realizado el cálculo de luminancia para mejorar su diseño.

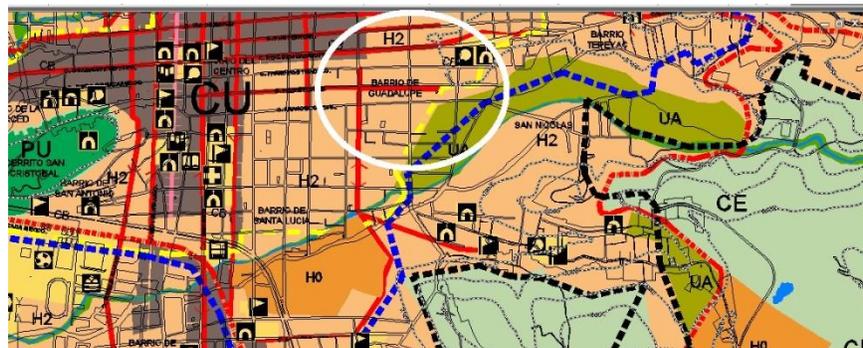


Figura 12. Localización del área a calcular.



Figura 13. Especificación de calles.



Figura 14. Calles elegidas para realizar rediseño de iluminación.

En el área de las figuras anteriores se determinó el área a trabajar que consta de 4 calles y 16 cuadras las cuales son vías principales de flujo vehicular y peatonal en la zona del barrio de Guadalupe.

Para iniciar los cálculos en esta área se recopilaron una serie de datos los cuales ayudan a determinar el tipo de zona en donde se realizarán los cálculos.

Estos datos se describen a continuación:

- Medidas de la calle (Ancho y largo dados en metros)
- Forma de la calle (línea recta curva, con inclinación o sin inclinación).
- Tipo de asfalto.
- Tránsito vehicular (cantidad vehicular promedio en un cierto lapso de tiempo).
- Velocidad vehicular promedio.
- Existencia y tipo de flora a lo largo de las calles.
- Luminarias en existencia.

Tabla 11. Definición de parámetros de la vía.

DISEÑO, AUTOMATIZACIÓN Y APLICACIÓN DE AHORRO ENERGÉTICO PARA OBRA DE ALUMBRADO PUBLICO.



Levantamiento de datos para cálculo de iluminación en el barrio del cerrillo							
Nombre de la calle	Tipo de calle	Medidas	Arboles en existencia	Luminarias existentes	Transito Vehicular T(veh/h)	Vel.Prom (km/h)	Tipo de asfalto
C. real de Guadalupe. Entre av. Josefa o. y av. Jose maría.	En bajada en recta	10x188m	Inexistente	5	100<T<250	V<30	Cemento Hidráulico
C. real de Guadalupe entre av. Josefa O. y av. la almolonga.	En bajada en recta	10x214m	Inexistente	4	100<T<250	V<30	Cemento Hidráulico
C. real de Guadalupe entre av. La almolonga y av. Jesús Martínez.	En bajada en recta	10x215m	Inexistente	6	100<T<250	V<30	Cemento Hidráulico
C. real de Guadalupe entre av. Jesús Martínez y diagonal independencia	En bajada en recta	10x146m	Inexistente	4	100<T<250	V<30	Cemento Hidráulico
c. francisco I Madero entre av. Josefa Ortiz y av. Jose María.	En bajada en recta	12x192m	Inexistente	5	100<T<250	V<30	Cemento Hidráulico
C. Francisco I Madero entre av. Jose María y av. La almolonga.	En bajada en recta	12x217m	Inexistente	7	100<T<250	V<30	Cemento Hidráulico
C. Francisco i Madero entre av. La Almolonga y Av. Jesús Martínez	En bajada en recta	11.5x207m	Inexistente	7	100<T<250	V<30	Cemento Hidráulico
C. francisco i Madero entre av. Jesús Martínez y diagonal independencia	En bajada en recta	11x158m	Inexistente	6	100<T<250	V<30	Cemento Hidráulico
C. Jose Felipe Flores entre av. Josefa Ortiz y Av. Jose María	En bajada en recta	12x202m	Inexistente	5	100<T<250	V<30	Cemento Hidráulico
C. Jose Felipe Flores entre av. Jose María y av. La almolonga	En bajada en recta	12x215m	Inexistente	6	100<T<250	V<30	Cemento Hidráulico
C. Jose Felipe Flores entre av. La alomolonga y av. Jesús Martínez	En bajada en recta	11x198m	Inexistente	5	100<T<250	V<30	Cemento Hidráulico
C. Jose Felipe Flores entre av. Jesús Martínez y diagonal independencia	En bajada en recta	12x169m	Inexistente	5	100<T<250	V<30	Cemento Hidráulico
C. Francisco León entre av. Josefa Ortiz y Av. Jose María	En bajada en recta	11.3x211m	Inexistente	7	100<T<250	V<30	Cemento Hidráulico
C. Francisco León entre av. Jose María y av. La almolonga	En bajada en recta	11.6x219m	Inexistente	9	100<T<250	V<30	Cemento Hidráulico
C. Francisco León	En bajada en recta	11.7x197m	Inexistente	6	100<T<250	V<30	Cemento

DISEÑO, AUTOMATIZACIÓN Y APLICACIÓN DE AHORRO ENERGÉTICO PARA OBRA DE
ALUMBRADO PUBLICO.



entre av. La alomolonga y av. Jesús Martínez					50		Hidráulico
C. Francisco León entre av. Jesús Martínez y diagonal independencia	En bajada en recta	11.3x134m	Inexistente	5	100<T<2 50	V<30	Cemento Hidráulico
Av. Jose María Morelos y P. entre real de Guadalupe	Sin inclinación en recta	12.5x70m	Inexistente	4	100<T<2 50	V<30	Cemento Hidráulico
Av. Jose María Morelos entre c. real de Guadalupe y c. francisco i madero	Sin inclinación en recta	12.5x74m	Inexistente	4	100<T<2 50	V<30	Cemento Hidráulico
Av. Jose María Morelos entre c. francisco i madre y c, Felipe flores.	Sin inclinación en recta	11x171m	Inexistente	8	100<T<2 50	V<30	Cemento Hidráulico
Av. Jose María Morelos entre c. Felipe flores y c, Francisco león.	Sin inclinación en recta	11,5mx76m	Inexistente	4	100<T<2 50	V<30	Cemento Hidráulico
Av. La almolonga . entre real de Guadalupe	Sin inclinación en recta	12x75m	Inexistente	4	100<T<2 50	V<30	Cemento Hidráulico
Av. La almolonga entre c. real de Guadalupe y c. francisco i madero	Sin inclinación en recta	13.8x73m	Inexistente	4	100<T<2 50	V<30	Cemento Hidráulico
Av. La almolonga entre c. francisco i madre y c, Felipe flores.	Sin inclinación en recta	13x71m	Inexistente	4	100<T<2 50	V<30	Cemento Hidráulico
Av. La almolonga entre c. Felipe flores y c, Francisco león.	Sin inclinación en recta	13.5x70m	Inexistente	4	100<T<2 50	V<30	Cemento Hidráulico
Av. Jesús Martínez Rojas. entre real de Guadalupe	Sin inclinación en recta	11.8x80m	Inexistente	4	100<T<2 50	V<30	Cemento Hidráulico
Av. Jesús Martínez Rojas entre c. real de Guadalupe y c. francisco i madero	Sin inclinación en recta	10.5x80m	Inexistente	4	100<T<2 50	V<30	Cemento Hidráulico
Av. Jesús Martínez Rojas entre c. francisco i madre y c, Felipe flores.	Sin inclinación en recta	09.8x69m	Inexistente	3	100<T<2 50	V<30	Cemento Hidráulico
Av. Jesús Martínez Rojas entre c. Felipe flores y c, Francisco león.	Sin inclinación en recta	12x59m	Inexistente	3	100<T<2 50	V<30	Cemento Hidráulico
Diagonal independencia . entre real de Guadalupe	Sin inclinación en recta	13.5x70m	Inexistente	3	100<T<2 50	V<30	Cemento Hidráulico
Diagonal independencia entre c. real de Guadalupe y c. francisco i madero	Sin inclinación en recta	8x99m	Inexistente	4	100<T<2 50	V<30	Cemento Hidráulico

DISEÑO, AUTOMATIZACIÓN Y APLICACIÓN DE AHORRO ENERGÉTICO PARA OBRA DE
ALUMBRADO PUBLICO.



Diagonal independencia entre c. francisco i madre y c, Felipe flores.	Sin inclinación en recta en recta	8x66m	Inexistente	3	100<T<2 50	V<30	Cemento Hidráulico
Diagonal independencia entre c. Felipe flores y c, Francisco león.	Sin inclinación en recta	8x99m	Inexistente	4	100<T<2 50	V<30	Cemento Hidráulico

Con respecto a la tabla anterior se puede iniciar el diseño del área a trabajar, puesto que son los parámetros que se necesitan para poder determinar qué tipo de área es y qué tipo de iluminación requiere para que la visibilidad durante la noche sea óptima. En la siguiente tabla especificamos la clasificación del área a calcular basado en los datos anteriores.

Tabla 12. Especificación de clasificación para el área a diseñar.

Descripción de la calzada	Clase de iluminación
Vías de muy alto prestigio urbano	P1
Utilización nocturna intensa por peatones y ciclistas	P2
Utilización nocturna moderada por peatones y ciclistas	P3
Utilización nocturna baja por peatones y ciclistas, únicamente asociada a las propiedades adyacentes	P4
Utilización nocturna baja por peatones y ciclistas únicamente, únicamente asociada a las propiedades adyacentes. Importante preservar el carácter arquitectónico del ambiente	P5
Utilización nocturna baja por peatones y ciclistas únicamente, únicamente asociada a las propiedades adyacentes. Importante preservar el carácter arquitectónico del ambiente	P6
Vías donde únicamente se requiere una guía visual suministrada por la luz directa de las luminarias	P7

De acuerdo a los datos de la **Tabla 12.** Especificación de clasificación para el área a diseñar. se determina que la obra a realizar se clasifica P6 debido a que es una zona de utilización nocturna baja por peatones y ciclistas, además de se toma en cuenta que las calles se encuentran en la zona céntrica de la ciudad. en las cuales se debe preservar el carácter arquitectónico, ya que es patrimonio cultural de la humanidad, además el flujo es limitado durante las noches, la iluminación requerida no debe ser mayor a 1.5 lx teniendo como mínimo 0.2 lx. De esta manera logramos tener la ambientación adecuada para evitar cualquier tipo de contaminación visual provocada por el exceso de luz en la zona.

Los datos obtenidos se ingresan al programa de cálculo DIALux con el fin de tener precisión en cuanto a los cálculos para saber la cantidad de luminarias que se deben colocar en la calle y si cumple con los requerimientos de acuerdo a la nom.

Los datos de planificación son los siguientes:

Calzada: 14m anchura con dos carriles y tipo de pavimento R3, q0: 0.500

Camino peatonal: 2m de anchura

Factor de mantenimiento de: 0.67

La lámpara seleccionada tiene las siguientes especificaciones:

Marca: Phillips

Modelo: BRP215 1xLED23/740 DW3

Flujo luminoso: 2400lm

Potencia de las luminarias: 18w

En las siguientes imágenes e ilustran la lámpara, la distribución de las luminarias con respecto a la calle y su punto de referencia; y la descripción de la luminaria y su curva de distribución luminosa.



Figura 15. Lámpara marca Phillips.

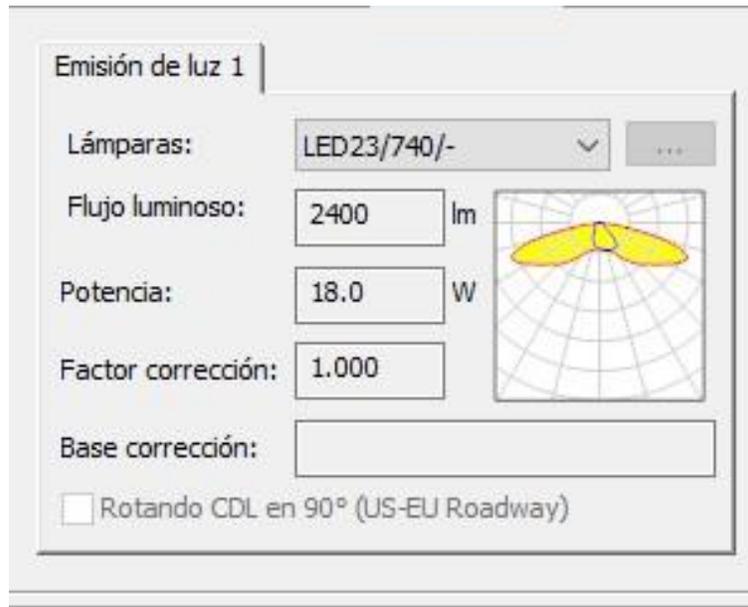


Figura 16. Descripción de luminaria y grafica de curva de distribución luminosa.

Se ingresan los datos correspondientes de la calle a calcular y saber la distribución de las luminarias. Obteniendo un resultado óptimo y que cumpla con las normas de iluminación.

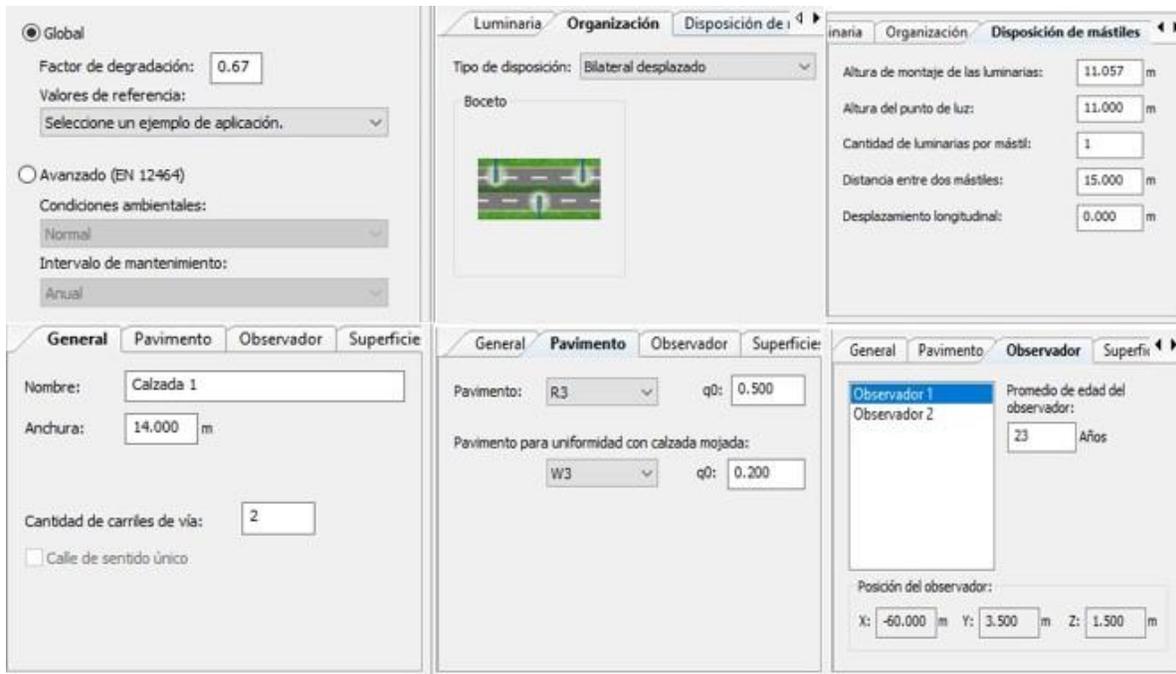


Figura 17. Ingreso de datos a Dialux.

Con lo descrito anteriormente se hacen los cálculos a través de DIALux, con el fin de obtener resultados concretos y lo más aproximado a una iluminación ideal, para observar los resultados ver el capítulo 7 en donde se describe lo obtenido con los datos anteriores.

6.2 Programación

La realización de un programa en PLC es de vital importancia en este proyecto debido a que se busca mejorar el aprovechamiento energético a través de un sistema de iluminación sustentable, el cual no usa energía eléctrica de la red de suministra cotidiana pero que genera energía eléctrica solar a través de un panel solar.

El principal objetivo de la realización un programa y de la utilización de plc en este proyecto es el aprovechamiento razonable de la energía por lo cual, se pensó en desarrollar una programación sencilla en la que basada en elementos físicos como una foto celda, contactores y las lámparas, los cuales son elementos básicos en el desarrollo del proyecto. A través de la foto celda se identificara la cantidad de luz proveniente del sol, de acuerdo a esto cada cierto intervalo de tiempo la intensidad de la luminosidad variara, a cierta hora en la que el sol se empieza a ocultar el sol, el sistema iniciara con un 25% de su capacidad, esto con el fin de utilizar de manera correcta la energía que se acumulo en la batería, en 30 minutos la luz solar será menor por lo cual el sistema modificara su estado e incrementara a un 50%, se continuara con el proceso hasta que la luz solar sea nula y se pueda utilizar el 100% de su lumínica. Se busca el aprovechamiento máximo energético por medio de dicha programación.

Para el desarrollo de la tarea de automatización se eligió un PLC (Controlador lógico Programable) siemens S7-1200 que trabaja a 24 volts. Sus características son las siguientes:

SIMATIC S7-1200, CPU 1214C, CPU COMPACTA, AC/DC/RELES, E/S INTEGRADAS: 14 DI 24VDC, 10 DO RELES 2A, 2 AI 0 - 10V DC, ALIMENTACION: AC 85 - 264 V AC BEI 47 -63 HZ, MEMORIA DE PROGRAMA/DATOS 75 KB.

Referencia:

6ES7214-1BG31-0XB0.

Modelo: 14ED/10SD/2EA.

Fabricante: SIEMENS.

En la siguiente imagen se muestra la imagen de un PLC SIMATIC S7-1200

Figura. PLC SIMATIC S7-1200



Figura 18. PLC siemens S7-1200

Para la programación se utilizaron dos elementos main y bloque, esto con el fin de que el programa función de manera correcta el main vendría siendo una especie de menú que permite funcionar el programa.

Totally Integrated Automation Portal			
Main			
Main Propiedades			
General			
Nombre	Main	Número	1
Idioma	KOP	Tipo	OB
Información			
Título	"Main Program Sweep (Cycle)"	Autor	
Familia		Versión	0.1
		ID personalizada	
Nombre	Tipo de datos	Offset	Comentario
▼ Temp			
OB1_EV_CLASS	Byte		Bits 0 - 1 (Coming event), Bits 4-7 - 1 (Event class 1)
OB1_SCAN_1	Byte		1 (Load restart scan 1 of OB 1), 2 (scan 2-n of OB 1)
OB1_PRIORITY	Byte		Priority of OB Execution
OB1_OB_NUMBR	Byte		1 (Organization block 1, OB1)
OB1_RESERVED_1	Byte		Reserved for system
OB1_RESERVED_2	Byte		Reserved for system
OB1_PREV_CYCLE	Int		Cycle time of previous OB1 scan (milliseconds)
OB1_MIN_CYCLE	Int		Minimum cycle time of OB1 (milliseconds)
OB1_MAX_CYCLE	Int		Maximum cycle time of OB1 (milliseconds)
OB1_START_TIME	Date_and_time		Date and time OB1 started
Segmento 1:			
Simbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"Start"	%I0.0	Bool	
"Aux1"	%I1.0	Bool	
"Stop"	%I1.1	Bool	
Segmento 2:			

Figura 19. Main, Programación para PLC

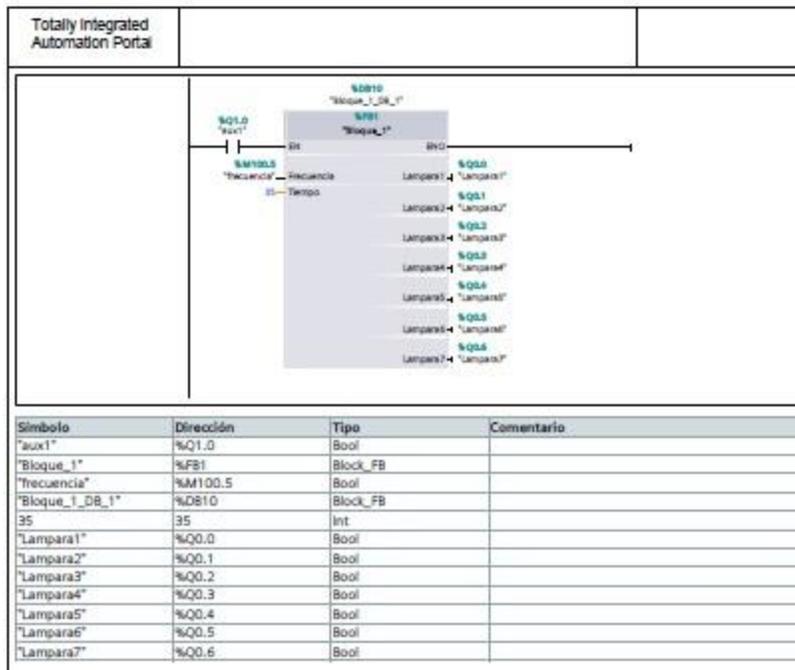


Figura 20. Main, programación para PLC

A continuación se muestra el bloque, el cual conforma la parte esencial de la programación en esta parte se observan marcas de ciclo, contactores, salidas utilizadas para el correcto funcionamiento del sistema.

Para esta programación se utilizaron 7 salidas para un contactor el cual llevara de 33 a 35 luminarias. Se usan marcas de ciclo y se utiliza un contador para evaluar los ciclos de tiempo en el programa.

Totally Integrated Automation Portal							
Bloque_1 [FB1]							
Bloque_1 Propiedades							
General							
Nombre	Bloque_1	Número	1				
Tipo	FB						
Idioma	KOP						
Información							
Título		Autor					
Comentario							
Familia		Versión	0.1				
ID personalizada							
Nombre	Tipo de datos	Offset	Valor predet.	Remanencia	Accesible desde HMI	Visible en HMI	Comentario
▼ Input							
Frecuencia	Bool	0.0	false	Ajustar en IDB	True	True	
Tiempo	Int	2.0	0	Ajustar en IDB	True	True	
▼ Output							
Lampara1	Bool	4.0	false	Ajustar en IDB	True	True	
Lampara2	Bool	4.1	false	Ajustar en IDB	True	True	
Lampara3	Bool	4.2	false	Ajustar en IDB	True	True	
Lampara4	Bool	4.3	false	Ajustar en IDB	True	True	
Lampara5	Bool	4.4	false	Ajustar en IDB	True	True	
Lampara6	Bool	4.5	false	Ajustar en IDB	True	True	
Lampara7	Bool	4.6	false	Ajustar en IDB	True	True	
InOut							
▼ Static							
Aux1	Bool	6.0	false	Ajustar en IDB	True	True	
Aux2	Bool	6.1	false	Ajustar en IDB	True	True	
Temp							

Figura 21. Bloque, programación para PLC

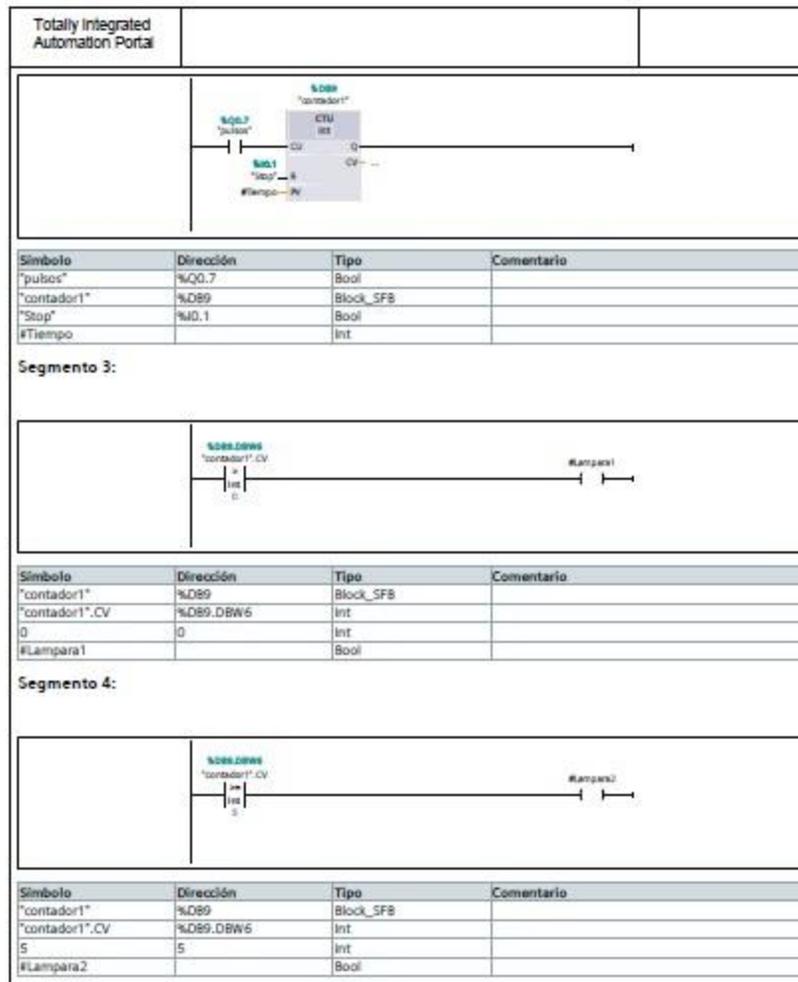


Figura 22. Bloque, programación para PLC

En la siguiente imagen podemos observar la simulación del sistema de forma grafica, en donde se representa el PLC utilizado, las salidas utilizadas y contactores utilizados. La simulación se realizo con el programa FLUIDsim.

Con lo realizado en lo anterior descriptamente se realiza una simulación del sistema en donde podemos observar un circuito que se aproxima al circuito realizado de manera física en donde se ejemplifica el tipo de conexión que lleva cada dispositivo así como la cantidad de dispositivos y equipos a utilizar

6.3 Sistema fotovoltaico

El sistema fotovoltaico es una de las partes esenciales en este proyecto debido a que lo que se busca es que el sistema de alumbrado público sea amigable con el medio ambiente y que mejor manera que alimentándolo energéticamente con un sistema fotovoltaico. Al implementar el sistema fotovoltaico se busca crear un sistema independiente que no necesite de ser conectado a la red de suministro de CFE esto con el fin de que sea energía renovable la que se esté utilizando. Cabe destacar que hoy en día vivimos en un tiempo en el cual es importante buscar ahorro energético debido al daño que la producción de energía eléctrica convencional ocasiona en el medio ambiente, por lo cual reducir consumos energéticos de manera considerable y aun mas con el sistema de automatización que se implementa en el diseño de este sistema de alumbrado público.

Se utilizaran paneles solares de 260w con un voltaje optimo de operación de 29 v y una corriente de 6.88 ampers. La marca del panel es Tamesol. Tiene las medidas de 1640mm x 992mm x 35mm.



Figura 23. Panel solar Tamesol TM-P660260/270

La batería a utilizar será de 12 volts para las luminarias y en el caso del poste principal en donde ira montado nuestro sistema de automatización dos baterías en serie para obtener 24 volts los cuales son necesarios para el funcionamiento del PLC Siemens el cual funciona con 24 volts en CD. La batería es de la marca CALE y es de ciclado profundo debido a que es necesario utilizar baterías que puedan descargarse completamente y no tener problema al momento de que esta se recargue.



Figura 24. Batería CALE de 12 v con diseño para ciclado profundo.

Se utilizara un controlador de carga que trabaja hasta con 30 A con un voltaje de 12-24V. El controlador puede de manera automática ajustar los parámetros de carga de la batería para así prologar la vida útil de la misma, control de carga confiable que puede identificar el día y la noche, su sistema de carga esta mejorado para ser más eficiente y rápido, reducir el calentamiento y el consumo de la carga y descarga.

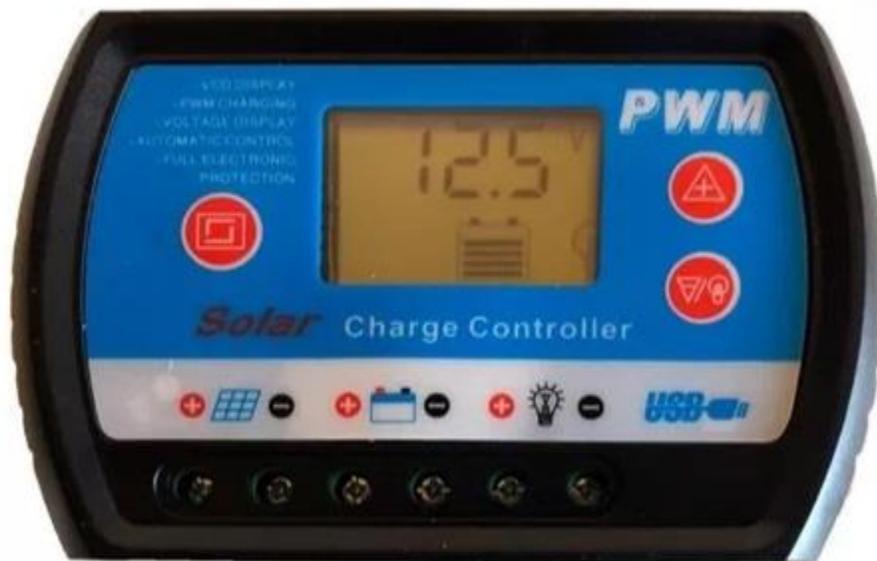


Figura 25. Controlador de carga de 20 A y de 12-24V.

También se usará un inversor de corriente con una entrada de trabajo a 12 v y una salida a 120 v ideal para las luminarias utilizadas en el diseño de este sistema.



Figura 26. Inversor de corriente de 12-120v

El poste a utilizar tiene forma cilíndrica con altura de 8 metros, cuenta con gabinete y base para panel solar de 280 w. en el caso del poste principal el cual llevara el PLC, tendrá un gabinete adicional en donde se encontrara instalado el PLC y sus componentes necesarios a utilizar.



Figura 27. Poste cilíndrico marca Emax Technologies.

Con todo lo antes mencionado se puede iniciar la instalación del sistema de alumbrado público automatizado, es importante saber las características técnicas de funcionamiento de cada uno de nuestros dispositivos para su correcto funcionamiento. De ese modo evitaremos cualquier tipo de conflicto que pueda llegar a generarse por la falta de conocimiento de los dispositivos utilizados.

7 Resultados

7.1 Resultados de alumbrado público.

En este capítulo se realiza la obtención de datos obtenidos en el capítulo anterior, esto con el fin de dar una aproximación física del sistema de modo, que al realizar un presupuesto este se pueda llevar a cabo de la manera más adecuada, pero logrando tener un sistema balanceado y adecuado para la utilización en áreas públicas que no represente pérdidas monetarias y tampoco pérdidas de materiales, equipos y dispositivos debido a un mal cálculo.

En la siguiente imagen se observa una pequeña simulación de las luminarias ya calculadas con los datos que se obtuvieron anteriormente, se realizó el cálculo con la herramienta computacional llamada DIALux para tener una uniformidad adecuada y aproximada de las luminarias a lo largo de la vía pública.

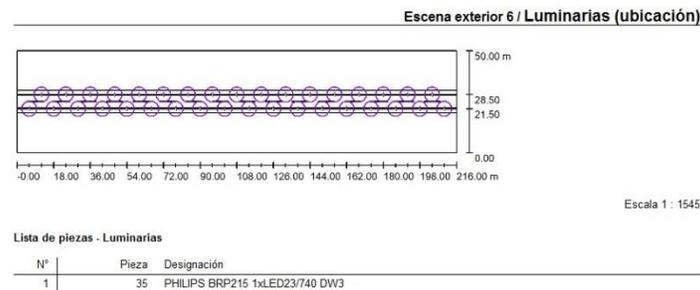


Figura 28. Distribución de luminarias obtenida

En la **Figura 28.** Distribución de luminarias obtenida vemos la distribución obtenida con el cálculo realizado en DIALux donde tenemos que las luminarias estarán ubicadas cada 35 metros dándonos la cantidad de luminancia adecuada. En total tenemos menos de 2 cd totales que dentro de la norma son los adecuados. Evitando todo tipo de contaminación visual.

A continuación, se ilustra la iluminación obtenida.

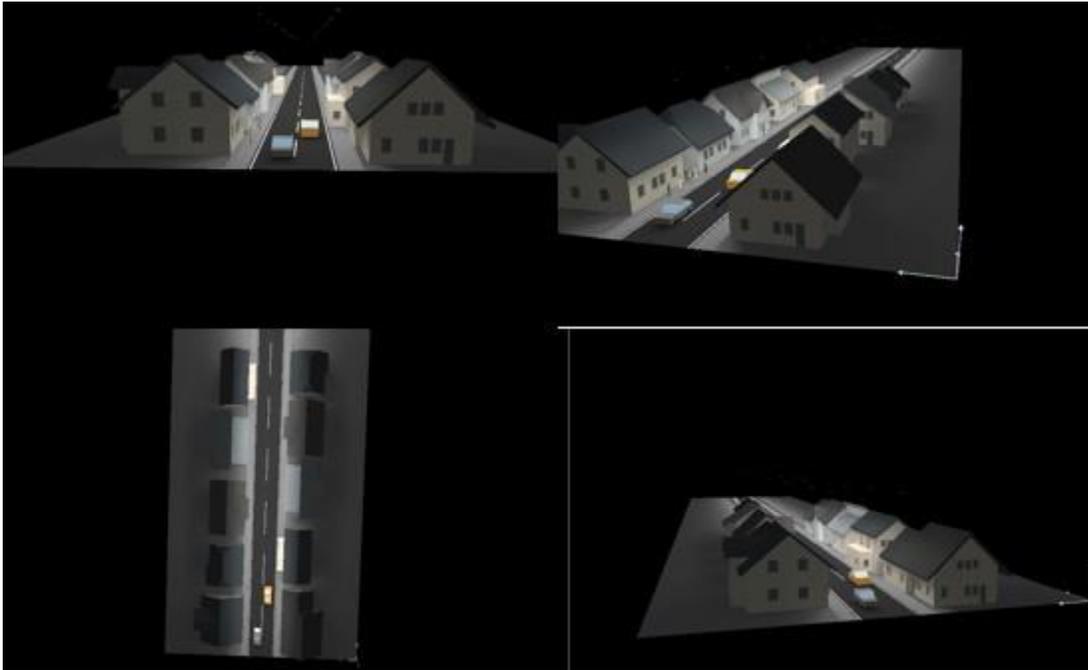


Figura 29. Simulación de iluminación.

7.2 Resultados obtenidos para sistema fotovoltaico

En la siguiente tabla se observa el consumo de las lámparas y de el PLC seleccionado con anterioridad esto con el fin de realizar una serie de cálculos que ayudan a establecer un estándar aproximado al que el fabricante de paneles y baterías estandariza para la utilización en sistemas de alumbrado público.

7.2.1 Calculo de consumo del sistema.

Tabla 13. Calculo del consumo.

Descripción	No.	Corriente (A)		Voltaje(V)		Potencia AC (W)	Potencia DC(W)
PLC siemens S7-1200	1	0.10 A		24 V			9.6 w
Lámpara Philips BRP215 1xLED23/7 40 DW3	1	0.12 A		12v		18 w	
Potencial total (W)				AC		18w	DC 9.6w

Tabla 14. Calculo del consumo.

Ciclo diario (horas/día)	Ciclo semanal (días/semanas)	Rendimiento de conversion	Voltaje nominal del sistema (V)	Consumo Amp-Hora (Ah/día)
24 hrs	7 días	4562.02	24v	190Ah/día
12 hrs	7 días	27,224.75	24v	113 Ah/día
			Consumo total Amp-Hora(Ah-Día)	303 Ah/día

Tabla 15. Calculo del consumo.

Potencia DC total (W)	Potencia AC total(W)	Voltaje nominal del sistema(V)	Corriente pico (A)	Consumo total A-h(W)	Factor de rendimiento de cableado	Factor de rendimiento de bateria	Consumo total Ah corregido(Ah/día)
9.6V	18V	24V	51.6 A	303 Ah	0.98	0.9	3.4 Ah/día

En las tablas anteriores se obtienen datos generales del consumo que se tendrá en el sistema fotovoltaico, tomando en cuenta si los dispositivos que se conectaran al sistema son de corriente directa o corriente alterna, esto es importante ya que así sabremos el consumo necesario en un lapso de tiempo lo que da pie al cálculo de dimensionado de la batería y del generador. El consumo corregido se calcula con respecto a los paneles seleccionados de 29v

Tabla 16. Corriente y angulo de inclinación.

Localidad	San Cristobal de las casas.	Latitud	16.737791	Longitud	-92.628612
Datos de radiacion	2.7 kWh/m2	Latitud	16.737378	longitud	-92.637152

Tabla 17. Corriente y angulo de inclinación.

Angulo de inclinación		25 grados	
mes	Consumo corregido (Ah/día)	Horas sol pico(hrs/día)	Corriente de diseño(A)
E	8 Ah/día	4 hrs/día	12 A
F	8.5 Ah/día	4 hrs/día	12.5 A
M	10 Ah/día	4 hrs/día	14 A
A	11 A/día	4 hrs/día	15 A
M	11Ah/día	4 hrs/día	15 A
J	8 Ah/día	4 hrs/día	12 A

Tabla 18. Corriente y ángulo de inclinación.

Angulo de inclinación		30 grados	
mes	Consumo corregido (Ah/dia)	Horas sol pico(hrs/dia)	Corriente de diseño(A)
E	7 Ah/dia	4 hrs/dia	11 A
F	7.8 Ah/dia	4 hrs/dia	11.8 A
M	8 Ah/dia	4 hrs/dia	12 A
A	8 Ah/dia	4 hrs/dia	12 A
M	7.7 Ah/dia	4 hrs/dia	11.7 A
J	7.3 AH/dia	4 hrs/dia	11.3 A

Tabla 19. Corriente y ángulo de inclinación.

Angulo de inclinación		35 grados	
mes	Consumo corregido (Ah/dia)	Horas sol pico(hrs/dia)	Corriente de diseño(A)
E	6.7 Ah/dia	4 hrs/dia	10.7 A
F	6.5 Ah/dia	4 hrs/Dia	10.5 A
M	6.8 Ah/dia	4 hrs/dia	10.8 A
A	7 Ah/dia	4 hrs/dia	11 A
M	7.1 Ah/dia	4 hrs/dia	11.1 A
J	7 Ah/dia	4 hrs/dia	11 A

Tabla 20. Corriente y angulo de inclinación, selección de cada inclinación de corriente y horas de sol pico máximas.

Angulo	25 grados
Horas sol pico(hrs/dia)	Corriente diseño(A)
4 hrs/dia	15 A

Angulo	30 grados
Horas sol pico(hrs/dia)	Corriente diseño(A)
4 hrs/dia	12A

En las tablas anteriores se hizo la recopilación de datos en donde se obtuvieron mediciones de la cantidad de sol en un lapso de tiempo de acuerdo al mes del año, de esta manera se puede saber que meses son los que nos dan mas exposición de luz solar y poder crear un fundamento para saber los momentos críticos de iluminación para el proyecto. Debido a que el proyecto se inicia en el mes de enero se tienen únicamente lecturas hasta el mes de mayo.

7.2.2 Dimensionado de la batería

El dimensionado de la batería es importante debido a que es el dispositivo que mantendrá el sistema en funcionamiento en cuanto la luz solar se nula. Debido a que los sistemas fotovoltaicos solo generan durante los días es importante considerar que batería

se va a utilizar para el sistema, ya que si se escoge con una capacidad inferior a la necesitada el sistema no tendrá un cobertura en su demanda energética total, por lo tanto se debe elegir de acuerdo a los datos obtenidos anteriormente y buscar la opción que entregue incluso un poco mas de lo que el sistema necesita, esto con el fin de si en un futuro se agrega algún dispositivo extra al sistema.

En las siguientes tablas se observan los datos obtenidos, selección y calculo para el dimensionado de la batería a utilizar.

Tabla 21. Información de la batería seleccionada.

Información de la batería	
Marca	CALE-SOLAR
Modelo	
tipo	Ciclado profundo
Voltaje nominal (V)	12 V
Capacidad nominal (Ah)	115 Ah

Tabla 22. Numero de baterías en paralelo:

Consumo total A-h corregido(ah/dia)	Días de autonomía(días)	Máxima profundidad de descarga	Correccion por temperatura	Capacidad necesaria de batería	Capacidad de la batería seleccionada(Ah)	Baterías en paralelo
3.4 Ah/dia	4.16 dias(100 hrs)	0.9	0.9	17.46AH	115 Ah	6

Tabla 23. Número total de baterías.

Baterías en paralelo	Capacidad de la batería seleccionada	Capacidad del sistema de baterías(Ah)	Factor de profundidad de descarga estacional	Capacidad útil (Ah)
6	115Ah	690Ah	0.25	172.5

7.2.3 Dimensionado del generador FV

El dimensionado del generador es una parte vital del proyecto debido a que este hara que las baterías carguen de manera ideal y puedan alimentar al sistema durante las noches. El dimensionado del generador es indispensable para poder satisfacer la demanda ideal del sistema y de esta forma este funcione de manera adecuada sin tener problemas por falta de abastecimiento energético.

Tabla 24. Calculo para obtención de reducción estacional de corriente(A).

Capacidad útil (A)	Horas sol pico máximo(h/dia)	Días consecutivos estacionales sol minimo(días)	Reduccion estacional de corriente(A)
172.5	4	45	0.95A

Tabla 25. Corriente corregida

Corriente de diseño (A)	Reducción estacional de corriente(A)	Corriente Corregida (A)
15A	0.95	14.0A

Tabla 26. Módulos en paralelo.

Corriente corregida(A)	Factor de corrección del modulo	Corriente diseño corregida(A)	Corriente nominal del modulo (A)	Módulos en paralelo
14.0A	0.9	12.6 ^a	6.8	1.8

Tabla 27. Total de módulos.

Tensión nominal del sistema (V)	Tensión nominal del modulo (V)	Módulos en serie	Módulos en paralelo	Total módulos
36v	12V	3	3	9

7.3 Resultados de programación.

A través de una programación diseñada para el sistema de iluminación en el cual se recopila datos cada un lapso de tiempo dado, se obtiene una simulación dada para el circuito que funcionara de manera específica encendiendo gradualmente y apagando las luminarias de la misma forma.

En la siguiente imagen podemos observar la simulación del sistema de forma grafica, en donde se representa el PLC utilizado, las salidas utilizadas y contactores utilizados. La simulación se realizo con el programa FLUIDsim.

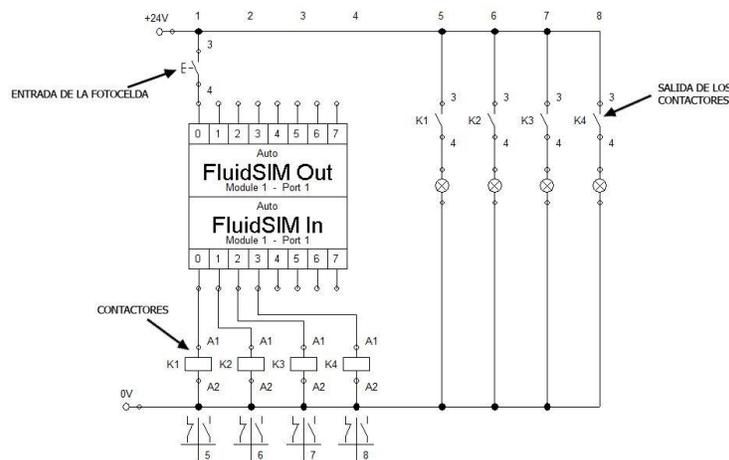


Figura 30. Simulación del programa realizado

Una vez obtenido todo esto se realizan pruebas con el simulador FLUIDsim, con el fin de observar el comportamiento del sistema una vez programado, en el caso de este programa corrió a la perfección obteniendo lo requerido para el correcto funcionamiento del alumbrado público.

8 Conclusión

El diseño de sistemas de iluminación en exteriores es una de las cosas más importantes en cuanto a desarrollo, debido a que es esencial mantener el equilibrio perfecto en donde no se llegue a tener contaminación visual por el exceso de iluminación en una zona donde la iluminación debe ser baja o viceversa.

Es de vital importancia poder definir los parámetros a utilizar antes de realizar los cálculos debido a que, si algún parámetro que se definió es erróneo, el cálculo saldrá mal y nos causará no cumplir con la normativa, provocando que el área calculada en el momento de funcionar de forma física presente anomalías en cuanto cantidad de luminancia proporcionada, hablando que en el peor de los casos se pueda ocasionar un accidente por deslumbramiento.

El hecho de realizar de manera idónea el cálculo de nuestras luminarias para un área exterior, siendo más específicos en una calle donde el tránsito vehicular es bastante alto proporciona seguridad, tanto a vehículos como a peatones, logrando así lo que como ingenieros deseamos, ya que es el principal objetivo de una iluminación adecuada.

Referencias:

Páginas de internet y normas:

- [1] Un alumbrado público para ciudad universitaria
URL:http://ciencia.unam.mx/leer/96/Un_alumbrado_inteligente_para_Ciudad_Universitaria
- [2] Iluminemos Chiapas, la demanda de alumbrado público.
URL:<http://www.diariodechiapas.com/landing/opinion/iluminemos-chiapas-la-demanda-del-alumbrado-publico-en-chiapas/>
- [3] CIME proyecto para instalación de paneles solares en alumbrado público de Tuxtla.
URL:<http://muralchiapas.com/index.php/noticias/local/1736-presenta-cime-proyecto-para-instalacion-de-paneles-solares-en-alumbrado-publico-de-tuxtla>
- [4] Norma Oficial Mexicana NOM-013-ener-2013, eficiencia energética para sistemas de alumbrado en vialidades.
URL:http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5302568&fecha=14/06/2013
- [5] Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público. RESOLUCIÓN No. 180540 DE Marzo 30 de 2010
- [6] Pere Ponsa Asensio, Ramón Vilanova Arbos. Automatización de procesos mediante la guía GEMMA edicions UPC, 2005. p. 11
URL: https://www.e-buc.com/portades/9788498800227_L33_23.pdf

Manuales de fabricante:

- [7] F. Ebel, S. Idler, G. Prede, D. Scholz. Fundamentos de la técnica de automatización, Libro técnico Festo. Actualización enero de 2008 p. 79-102

Artículos de investigación:

- [8] Kalogirou S. Solar energy engineering: processes and systems: chapter 9. Academic Press; 2009. p. 469–517.
- [9] Pearsall NM, Hill R. Clean electricity from photovoltaics: chapter 15. Imperial College Press; 2001. pp. 1–42
- [10] Hansen AD, Sorensen P, Hansen LH, Bindner H. Models for a stand alone PV system. Roskilde: Riso National Laboratory; 2000. p. 1–78.
- [11] Manna TK, Mahajan SM. Nanotechnology in the development of photovoltaic cells. In: Proceedings of the international conference on clean electrical power. 2007. p. 379–86.
- [12] Evergreen solar, <http://www.evergreensolar.com/> [accessed 22.11.09]
- [13] Carlson DE, Wronski CR. Appl Phys Lett 1976;28:671.
- [14] Markvart T. Solar electricity. 2nd ed. Wiley; 2001.
- [15] Staebler DL, Wronski CR. Appl Phys Lett 1997;31:292
- [16] Miguel Alonso Abella Dimensionado de sistemas Fotovoltaicos, Anexo 1: Otros métodos de dimensionado de sistemas FV autónomos.

DISEÑO, AUTOMATIZACIÓN Y APLICACIÓN DE AHORRO ENERGÉTICO PARA OBRA DE ALUMBRADO PUBLICO.

