

LINDA ISABEL CASTAÑEDA MONTERROSO

PLAN DE MEJORA MEDIANTE GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA
SOLAR FOTOVOLTAICA AL SISTEMA DE ILUMINACIÓN EN EL
CORREDOR CENTRAL DE LA SEDE CENTRAL ZONA 11 UNIVERSIDAD
RURAL DE GUATEMALA, GUATEMALA.



Asesor General Metodológico:
Ingeniero Carlos Alberto Pérez Estrada

Universidad Rural de Guatemala
Facultad de Ingeniería

Guatemala, agosto de 2021.

Informe final de graduación

PLAN DE MEJORA MEDIANTE GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA
SOLAR FOTOVOLTAICA AL SISTEMA DE ILUMINACIÓN EN EL
CORREDOR CENTRAL DE LA SEDE CENTRAL ZONA 11 UNIVERSIDAD
RURAL DE GUATEMALA, GUATEMALA.



Presentado al honorable tribunal examinador por:

Linda Isabel Castañeda Monterroso

En el acto de investidura previo a su graduación como Licenciada en Ingeniería
Industrial con énfasis en Recursos Naturales Renovables

Universidad Rural de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Guatemala, agosto de 2021.

Informe final de graduación

PLAN DE MEJORA MEDIANTE GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA
SOLAR FOTOVOLTAICA AL SISTEMA DE ILUMINACIÓN EN EL
CORREDOR CENTRAL DE LA SEDE CENTRAL ZONA 11 UNIVERSIDAD
RURAL DE GUATEMALA, GUATEMALA.



Rector de la Universidad:

Doctor Fidel Reyes Lee

Secretaria de la Universidad:

Licenciada Lesbia Tevalán Castellanos

Decano de la Facultad de Ingeniería:

Ingeniero Luis Adolfo Martínez Díaz

Universidad Rural de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Guatemala, agosto de 2021.

Esta tesis fue presentada por la autora, previo a obtener el título universitario de Licenciada en Ingeniería Industrial con énfasis en Recursos Naturales Renovables.

F-14-04-2020-15
UNIVERSIDAD RURAL DE GUATEMALA
PROGRAMA DE GRADUACIÓN
Experto Metodológico
ACUERDO DE ASIGNACIÓN DE PUNTEO
16.07.2021.107



El Evaluador Final del Trabajo de Graduación de la
Universidad Rural de Guatemala

CONSIDERANDO:

Que el Metodólogo en Investigación Científica, ha dado su aprobación preliminar al trabajo de graduación que se especifica en el cuerpo de este instrumento y me ha informado que el documento de mérito cumple con las normas preestablecidas para otorgar título y el grado académicos al titular que formuló el mismo; de lo cual deviene procedente asignarle la puntuación correspondiente.

POR TANTO:

Con base a lo establecido en los Artículos 28 y 31 de los estatutos de la Universidad Rural de Guatemala y el Artículo 28 del Reglamento General de los mismos y demás normativa aplicable,

ACUERDA:

Emitir el Acuerdo de Asignación de Punteo al Trabajo de Graduación de mérito, de la manera siguiente:

1. Asignar **Setenta y nueve (79)** sobre la base de aprobación de puntos sobre la base de cien sobre cien (100/100) al trabajo de graduación denominado: **“PLAN DE MEJORA MEDIANTE GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA SOLAR FOTOVOLTAICA AL SISTEMA DE ILUMINACIÓN EN EL CORREDOR CENTRAL DE LA SEDE CENTRAL ZONA 11 UNIVERSIDAD RURAL DE GUATEMALA, GUATEMALA.”** formulado por **Linda Isabel Castañeda Monterroso**, titular del carné **15-000-1229**; inscrita en la **Facultad de ingeniería, de ésta universidad.**
2. Trasladar tres copias físicas y un archivo digital del trabajo de graduación a la Presidencia del Consejo Académico, para los efectos subsiguientes.
3. Notifíquese.

Dado en la ciudad de Guatemala el 16 de julio 2021.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Pablo', is written over a light blue rectangular stamp.

Pablo Ismael Carbajal Estévez
Ingeniero Ambiental Agroecólogo
Experto Metodológico

Pablo Ismael Carbajal Estévez
Ingeniero Ambiental
Colegiado No. 6,483



El Asesor en Metodología del Programa de Graduación de la
Universidad Rural de Guatemala,

CONSIDERANDO:

Que he asesorado y firmado el trabajo de graduación que se especifica en el cuerpo de este instrumento; y siendo que a mi criterio dicho documento de mérito cumple con las normas preestablecidas para otorgar título y el grado académico a quien formuló el mismo.

POR TANTO:

Con base a lo establecido en los Artículos 28 y 31 de los estatutos de la Universidad Rural de Guatemala y el Artículo 28 del Reglamento General de los mismos y demás normativas aplicables,

ACUERDA:

Emitir el Acuerdo de Aprobación Preliminar de Trabajo de Graduación, de la manera siguiente:

1. Aprobar en forma preliminar el trabajo de graduación denominado: Plan de mejora mediante generación de energía eléctrica solar fotovoltaica al sistema de iluminación en el corredor central de la Sede Central Zona 11 Universidad Rural de Guatemala, Guatemala., formulado por Linda Isabel Castañeda Monterroso titular del carné 15-000-1229 inscrita en la Facultad de Ingeniería de ésta Universidad.
2. Trasladar el expediente al Experto Metodólogo designado para que le confiera la calificación que de acuerdo a los criterios técnicos que considere convenientes.
3. Notifíquese.

Dado en la ciudad de Guatemala el 08 de diciembre de 2020


Ing. Agr. Carlos Alberto Pérez Estrada
Metodólogo
Carlos Alberto Pérez Estrada
Ingeniero Agrónomo
Colegiado No. 5487



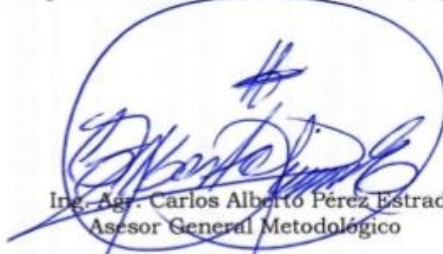
F-18-06-2018-01
Universidad Rural de Guatemala
Programa de Graduación
Carta de aprobación
Asesor General Metodológico
Guatemala, 03 de diciembre de 2020

Asunto: Aprobación del informe final
de graduación y solicitud de conformación
de Tribunal Examinador.

Señor Coordinador General:

Tengo a honra dirigirme a usted, con la finalidad de informarle que, como Asesor General Metodológico del trabajo denominado: "Plan de mejora mediante generación de energía eléctrica solar fotovoltaica al sistema de iluminación en el corredor central de la Sede Central Zona 11 Universidad Rural de Guatemala, Guatemala.", a cargo de la estudiante: Linda Isabel Castañeda Monterroso; Carné: 15-000-1229; perteneciente al grupo 02-307-000-20; apruebo el informe final de graduación y solicito que se integre El Tribunal Examinador de esta tesis.

Me valgo de la ocasión para presentarle a usted, muestras distinguidas de mi consideración y estima.



Ing. Agr. Carlos Alberto Pérez Estrada
Asesor General Metodológico

Carlos Alberto Pérez Estrada
Ingeniero Agrónomo
Colegiado No. 5487

C.C. Archivo personal

Señor
Coordinador General
Programa de Graduación
Universidad Rural de Guatemala
Presente

<http://www.urural.edu.gt/>
Guatemala C.A.

Dedicatoria

A Dios

Por ser el creador y permitirme alcanzar este logro.

A mi madre

Marina Monterroso, por el apoyo, confianza y fe en mí, principalmente por ser un ejemplo en mi vida.

A mi hermano y hermanas

Luis, María de los Ángeles y Gabriela, con especial afecto y ser parte importante de un logro familiar.

A mis amigos

Mi cariño y agradecimiento, especialmente aquellos que contribuyeron al desarrollo de esta tesis.

Agradecimientos A:

Universidad Rural de Guatemala	Por ser el <i>alma mater</i> , casa de formación profesional y por brindarme la oportunidad de realizar el trabajo de graduación.
Facultad de ingeniería	Por ser el medio de conocimientos técnicos y científicos para optar al título de Ingeniería Industrial.
Mis amigos de la facultad	Por su compañía, confianza y apoyo en este viaje de aprendizaje.
Ing. Carlos Alberto Pérez	Por compartir su conocimiento en el desarrollo de las actividades en el ejercicio profesional y la confianza en este trayecto.
En general	Por cada grano de sabiduría a través de incontables consejos para mi formación.

Prólogo

Como parte del programa de graduación y en cumplimiento con lo establecido por la Universidad Rural de Guatemala, se realizó una propuesta sobre “Plan de mejora mediante generación de energía eléctrica solar fotovoltaica al sistema de iluminación en el corredor central de la Sede Central Zona 11 Universidad Rural de Guatemala, Guatemala”.

Previo a optar al título universitario de Ingeniería Industrial con énfasis en Recursos Naturales Renovables, en el grado académico de Licenciatura, por lo que fue necesario realizar la investigación con los usuarios recurrentes de las instalaciones y con los profesionales a cargo de los departamentos académicos.

Existen razones prácticas para llevar a cabo la investigación:

- Servir como fuente de consulta para estudiantes y profesionales que requieran información sobre el tema de estudio.
- Ser aplicable como alternativa de solución para otra entidad en condiciones similares.
- Proponer una solución práctica basada en los conocimientos industriales adquiridos en las clases universitarias.

El propósito fundamental de la presente investigación es reducir la cantidad de incidentes y accidentes en el corredor central de la sede, por lo cual, es necesario implementar y dotar de un documento específico que contenga alternativas de solución al problema encontrado.

Presentación

Este trabajo de graduación a nivel de licenciatura se presenta con el título “Plan de mejora mediante generación de energía eléctrica solar fotovoltaica al sistema de iluminación en el corredor central de la Sede Central Zona 11 Universidad Rural de Guatemala, Guatemala”. Éste hace un abordaje sobre la situación al investigar la problemática de deficiente iluminación en el corredor principal del plantel educativo.

Por lo que el presente informe es presentado a través de la investigación de sus causas, sus efectos y posibles soluciones, esto permitió corroborar el aumento de los incidentes y accidentes personales por iluminación inadecuada como consecuencia principal de faltar plan de mejora mediante generación de energía eléctrica solar fotovoltaica al sistema de iluminación.

Como medio para solucionar la problemática se propuso establecer estrategias que orienten y guíen correctamente a las diferentes autoridades universitarias en función de la implementación en corredor principal de un sistema de iluminación autónomo alimentado por energía solar fotovoltaica.

La actividad investigativa que se realizó, sirve como aporte para reducir la incidencia de percances en las instalaciones universitarias. De igual manera, se presenta la formación para la unidad ejecutora, a la que corresponde la materialización y evolución de la propuesta en general; así como un programa de sensibilización al personal involucrado.

Índice general

No.	Contenido	Página
	Prólogo	
	Presentación	
	Dedicatoria	
I.	INTRODUCCIÓN.....	1
I.1	Planteamiento del problema.....	2
I.2	Hipótesis	3
I.3	Objetivos	4
I.3.1	General.....	4
I.3.2	Específico.....	4
I.4	Justificación	5
I.5	Metodología	6
I.5.1	Métodos.....	6
I.5.2	Técnicas	9
II.	MARCO TEÓRICO	10
II.1	Aspectos conceptuales	10
III.	COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS	69
IV.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	80
IV.1	Conclusiones	80
IV.2	Recomendaciones.....	82
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

Índice de ilustraciones

No.	Contenido	Página
	Ilustración 1. Clasificación de los accidentes laborales	16
	Ilustración 2. Geometría óptica adecuada de un sistema de iluminación pública.....	37
	Ilustración 3. Localización de puntos de iluminación.....	38
	Ilustración 4. Croquis de la red de distribución en BT.....	48
	Ilustración 5. Red con distribución radial	49
	Ilustración 6. Red con distribución en anillo.....	50
	Ilustración 7. Red con distribución mallada.....	51
	Ilustración 8. Funcionamiento de una planta fotovoltaica	55
	Ilustración 9. Estación espacial internacional	56
	Ilustración 10. Luminarias públicas con paneles solares en Guatemala	57
	Ilustración 11. Esquema de un sistema fotovoltaico conectado a red	58
	Ilustración 12. Edificio del AMM en Guatemala	59

Índice de gráficas

No.	Contenido	Página
Gráfica 1.	Incidentes y accidentes personales en el corredor central de la Sede Central Zona 11 de la Universidad Rural de Guatemala.....	70
Gráfica 2.	Tiempo del incremento de incidentes y accidentes personales en el corredor central de la Sede Central de Universidad Rural de Guatemala	71
Gráfica 3.	Cantidad de incidentes y accidentes personales en el corredor central de la Sede Central de la Universidad durante el último año	72
Gráfica 4.	Dificultades por aumento de incidentes y accidentes personales en el corredor central de la Sede Central de la Universidad	73
Gráfica 5.	Alta probabilidad de sufrir algún incidente o accidente personal en el corredor central de la Sede Central de la Universidad	74
Gráfica 6.	Existencia de mejora mediante generación de energía eléctrica solar fotovoltaica al sistema de iluminación en el corredor central de la sede universitaria.....	75
Gráfica 7.	Necesidad de mejora mediante generación de energía eléctrica solar fotovoltaica al sistema de iluminación en el corredor central de la sede universitaria.....	76
Gráfica 8.	Planificación para implementar mejora mediante generación de energía eléctrica solar fotovoltaica al sistema de iluminación en el corredor central de la sede universitaria	77
Gráfica 9.	Enfoque para implementar mejora mediante generación de energía eléctrica solar fotovoltaica al sistema de iluminación en el corredor central de la sede universitaria.....	78
Gráfica 10.	Falta de mejora mediante generación de energía eléctrica solar fotovoltaica al sistema de iluminación en el corredor central de la sede universitaria como precursor de incidentes y accidentes	79

Índice de cuadros

No.	Contenido	Página
	Cuadro 1. Niveles mínimos de iluminación establecidos por el Real Decreto español 486 / 1997.....	45
	Cuadro 2. Incidentes y accidentes personales en el corredor central de la Sede Central Zona 11 de la Universidad Rural de Guatemala.....	70
	Cuadro 3. Tiempo del incremento de incidentes y accidentes personales en el corredor central de la Sede Central de Universidad Rural de Guatemala	71
	Cuadro 4. Cantidad de incidentes y accidentes personales en el corredor central de la Sede Central de la Universidad durante el último año	72
	Cuadro 5. Dificultades por aumento de incidentes y accidentes personales en el corredor central de la Sede Central de la Universidad	73
	Cuadro 6. Alta probabilidad de sufrir algún incidente o accidente personal en el corredor central de la Sede Central de la Universidad	74
	Cuadro 7. Existencia de mejora mediante generación de energía eléctrica solar fotovoltaica al sistema de iluminación en el corredor central de la sede universitaria	75
	Cuadro 8. Necesidad de mejora mediante generación de energía eléctrica solar fotovoltaica al sistema de iluminación en el corredor central de la sede universitaria	76
	Cuadro 9. Planificación para implementar mejora mediante generación de energía eléctrica solar fotovoltaica al sistema de iluminación en el corredor central de la sede universitaria	77
	Cuadro 10. Enfoque para implementar mejora mediante generación de energía eléctrica solar fotovoltaica al sistema de iluminación en el corredor central de la sede universitaria	78
	Cuadro 11. Falta de mejora mediante generación de energía eléctrica solar fotovoltaica al sistema de iluminación en el corredor central de la sede universitaria como precursor de incidentes y accidentes	79

I. INTRODUCCIÓN

El presente informe investigativo y titulado de ingeniería industrial en el grado académico de licenciatura, se elaboró para dar solución a la problemática identificada en la Sede Central Zona 11 Universidad Rural de Guatemala, Guatemala, sobre deficiente sistema de iluminación en el corredor central, por lo que fue preciso realizar el estudio del problema, su causa y efectos, con la finalidad de proponer la implementación de luminarias que puedan funcionar con energía solar fotovoltaica.

El contenido consta de dos tomos, el primero se divide en cuatro capítulos que se identifican con números romanos, el segundo tomo de esta investigación presenta la propuesta para la solución de la problemática, y se detallan de la siguiente manera:

Tomo I:

El capítulo uno (I) contiene la introducción, planteamiento del problema, hipótesis, objetivos (general y específico), metodología (métodos y técnicas), así como los métodos y técnicas utilizadas para la formulación, comprobación de la hipótesis y estudio del proyecto.

El capítulo dos (II) está conformado por el marco teórico (aspectos conceptuales), en el que se describen los aspectos conceptuales básicos y complementarios de esta investigación, con el fin de la comprensión de los sistemas solares fotovoltaicos.

El capítulo tres (III) incluye la comprobación de la hipótesis, donde se muestra la tabulación y descripción gráfica de los datos obtenidos en las encuestas.

El capítulo cuatro (IV) está conformado por las conclusiones y recomendaciones.

Estos capítulos son seguidos del apéndice bibliográfico de acuerdo a los lineamientos establecidos por dicha Universidad.

Los anexos son: 1) formato dominó, 2) árbol de problemas, hipótesis y árbol de objetivos 3) diagrama del medio de solución, 4) boleta de investigación efecto, 5) boleta de investigación causa, 6) cálculo de la muestra, 7) cálculo del coeficiente de correlación, 8) cálculo de la proyección lineal sin proyecto.

Tomo II:

El segundo tomo consiste en presentar a manera de síntesis la información y datos más relevantes de la investigación, la cual los capítulos se conforman de la siguiente manera:

El capítulo uno (I) es un resumen general del contenido de la propuesta donde se describen los tres resultados principales que ayudan a la solución de la problemática, el capítulo dos (II) comprende las conclusiones y recomendaciones, por último los anexos que son: el planteamiento de la propuesta de solución, la matriz de estructura lógica del trabajo investigativo y el presupuesto general de propuesta.

I.1 Planteamiento del problema.

El presente informe sobre seguridad industrial, tiene origen en el aumento de incidentes y accidentes personales en el corredor central de la Sede Central Zona 11 Universidad Rural de Guatemala, por inadecuado sistema de iluminación, producto de faltar plan de mejora mediante generación de energía eléctrica solar fotovoltaica al sistema de iluminación, esta problemática se ha percibido en los últimos cinco años y ha comprometido la seguridad de los usuarios de las instalaciones.

El incremento de los incidentes y accidentes personales en el corredor principal de la sede universitaria, se refiere a la cantidad de usuarios que han sufrido un percance físico dentro del plantel en los últimos cinco años, lo que ha repercutido en una sensación de inseguridad dentro del plantel por parte de estudiantes, docentes, personal administrativo y visitante en general. Inclusive ciertas actividades se han visto perjudicadas por esta alta incidencia.

Este efecto se ha percibido por deficiente sistema de iluminación en el corredor central, esta deficiencia ha convertido a la única vía de acceso a las instalaciones en un punto crítico de inseguridad, puesto que las características topológicas del corredor requieren de una iluminación adecuada, para que el tránsito en este sea más ergonómico y seguro, evitándose pasos en falso y mejorándose el ordenamiento y regulación de la circulación de personas.

Toda esta situación se presenta como consecuencia de no contar con plan de mejora mediante generación de energía eléctrica solar fotovoltaica al sistema de iluminación, se podría iluminar el corredor por completo de una forma más eficiente y económica.

Al proponer que se implemente esta propuesta, se pretende que los profesionales de la universidad cuenten con una solución inmediata al problema encontrado y se logre contar con un sistema adecuado de iluminación.

I.2 Hipótesis.

Se pudo establecer la hipótesis del problema como parte del trabajo de investigación en Sede Central de la Universidad Rural de Guatemala.

Hipótesis causal.

“El incremento de incidentes y accidentes personales en el corredor central de la Sede Central Zona 11 Universidad Rural de Guatemala, Guatemala, en los últimos 5 años; por deficiente sistema de iluminación, es debido a la inexistencia de plan de mejora mediante generación de energía eléctrica solar fotovoltaica”.

Hipótesis interrogativa.

¿Será la inexistencia de plan de mejora mediante generación de energía eléctrica solar fotovoltaica la causante del incremento de incidentes y accidentes personales en el corredor central de la Sede Central Zona 11 Universidad Rural de Guatemala, Guatemala, en los últimos 5 años; por deficiente sistema de iluminación?

I.3 Objetivos.

El desarrollo de la investigación conllevó el planteamiento de los objetivos: general y específico, los cuales conforme la investigación avance deben alcanzarse para comprobar la veracidad de la hipótesis y la forma de solucionar la problemática.

I.3.1 General.

Disminuir incidentes y accidentes personales en el corredor central de la Sede Central Zona 11 Universidad Rural de Guatemala, Guatemala.

I.3.2 Específico.

Contar con eficiente sistema de iluminación en el corredor central de la Sede Central Zona 11 Universidad Rural de Guatemala, Guatemala.

I.4 Justificación.

Actualmente, en el corredor principal de la sede central de la Universidad Rural de Guatemala, se perciben en promedio 19 incidentes y accidentes personales, lo que equivale a un costo total de 98 percances en los últimos cinco años, esta es una situación alarmante puesto que expone la integridad física de todos los usuarios y compromete el funcionamiento adecuado de la sede.

Con base a los datos de los últimos cinco años, se puede deducir que la cantidad de incidentes y accidentes personales aumentan en un 10% anual, esto como consecuencia de un deficiente sistema de iluminación, provocado por falta de plan de mejora mediante generación de energía eléctrica solar fotovoltaica al sistema de iluminación.

Esta situación tenderá al incremento de la cantidad de percances personales en los siguientes cinco años de no tomar medidas necesarias para contrarrestar la problemática, las proyecciones indican que para el año 2024 la cantidad de casos en el corredor principal será de 34 personas afectadas.

Por lo cual, es importante establecer plan de mejora mediante generación de energía eléctrica solar fotovoltaica al sistema de iluminación, puesto con el cual se garantizaría la cobertura total del corredor por medio de la instalación de una red autónoma de luminarias, con la que se reduciría considerablemente el riesgo de accidentes en la zona, especialmente durante la noche.

Resulta indispensable para el bienestar de los usuarios de la sede universitaria, la implementación de esta propuesta por medio de la cual se implementen dispositivos de aprovechamiento fotovoltaico que generen luz en toda la zona expuesta, lo que permitiría en los siguientes cinco años reducir la cantidad de accidentes e incidentes en un 90%, lo que equivaldría a 8 casos para el año 2024.

I.5 Metodología.

Los métodos y técnicas empleadas para la elaboración del presente trabajo de graduación, se expone a continuación:

I.5.1 Métodos.

Los métodos utilizados variaron en relación a la formulación de la hipótesis y la comprobación de la misma; así: Para la formulación de la hipótesis, el método utilizado fue esencial el método deductivo, el que fue auxiliado por el método del marco lógico para formular la hipótesis y los objetivos de la investigación, diagramados en los árboles de problemas y objetivos, que forman parte del anexo de este documento.

Para la comprobación de la hipótesis, el método utilizado fue el inductivo, que contó con el auxilio de los métodos: estadístico, análisis y síntesis.

La forma del empleo de los métodos citados, se expone a continuación:

1.5.1.1 Métodos y técnicas utilizadas para la formulación de la hipótesis.

Para la formulación de la hipótesis se utilizó el método deductivo como medio principal de investigación, el cual permitió conocer aspectos generales y específicos en el corredor central de la Sede Central Zona 11 Universidad Rural de Guatemala, Guatemala. Las técnicas utilizadas fueron:

- Observación directa. Esta se realizó directamente dentro del plantel educativo, lo que permitió confirmar la deficiente iluminación en el corredor principal, así como sus características de riesgo, como su inclinación, exposición de laderas y el grado

de afluencia de personas, con la finalidad de determinar la vulnerabilidad del área a provocar incidentes y accidentes personales, por último, las acciones implementadas por los profesionales para reducir la incidencia de percances.

- Investigación documental. Esta técnica se utilizó a efectos de determinar si se poseían documentos similares o relacionados con la problemática a investigar, a fin de no duplicar esfuerzos en cuanto al trabajo académico que se desarrolló; así como, para obtener aportes y otros puntos de vista de otros investigadores sobre la temática citada. Los documentos consultados se especifican en el acápite de bibliografía, que fueron obtenidos a través de las fichas bibliográficas utilizadas en el transcurso de la revisión documental.

- Entrevista. Una vez formada una idea general de la problemática, se procedió a entrevistar a los usuarios de las instalaciones y a los profesionales de los distintos departamentos académicos, a efectos de poseer información más precisa sobre la problemática identificada.

Con la situación más clara sobre la problemática de deficiente sistema de iluminación y con la utilización del método deductivo, a través de las técnicas anteriormente descritas, se procedió a la formulación de la hipótesis, a cuyo efecto se utilizó el método del marco lógico, que permitió encontrar la variable dependiente e independiente de la hipótesis, además de definir el área de trabajo y el tiempo que se determinó para desarrollar la investigación.

La hipótesis formulada de la forma indicada, dice: “el incremento de incidentes y accidentes personales en el corredor central de la Sede Central Zona 11 Universidad Rural de Guatemala, Guatemala, en los últimos 5 años; por deficiente sistema de iluminación, es debido a la inexistencia de plan de mejora mediante generación de energía eléctrica solar fotovoltaica”.

El método del marco lógico, permitió también, entre otros aspectos, encontrar el objetivo general y el específico de la investigación; asimismo facilitó establecer la denominación del trabajo.

I.5.1.2 Métodos y técnicas empleadas para la comprobación de la hipótesis.

Para la comprobación de la hipótesis, el método principal utilizado, fue el método inductivo, con el que se pudo obtener resultados específicos o particulares de la problemática identificada; lo cual sirvió para diseñar conclusiones y premisas generales, a partir de tales resultados específicos o particulares. A este efecto, se utilizaron las técnicas que se especifican a continuación:

- Encuestas. Previo a desarrollar la entrevista, se procedió al diseño de boletas de investigación, con el propósito de comprobar las variables dependiente e independiente de la hipótesis previamente formulada. Las boletas, previo a ser aplicadas a población objetivo, sufrieron un proceso de prueba, con la finalidad, de hacer más efectivas las preguntas y propiciar que las respuestas proporcionaran la información requerida después de ser aplicada.
- Determinación de la población a investigar. En atención a este tema, se decidió efectuar la técnica del muestreo estadístico para determinar la población efecto (variable Y), la cual dio como resultado a 75 elementos de estudio, con lo que se establece que el nivel de confianza es del 90% y el margen de error del 9.5%; en cuanto a la población causa (variable X) se efectuó un censo, puesto que las población identificada se componían de 5 elementos, por lo tanto, se determina que el nivel de confianza para este caso será del 100% y el margen de error de 0%.

Después de recabar la información contenida en las boletas, se procedió a tabularlas; para cuyo efecto se utilizó el método estadístico y el método de análisis, que

consistió en la interpretación de los datos tabulados en valores absolutos y relativos, obtenidos después de la aplicación de las boletas de investigación, que tuvieron como objeto la comprobación de la hipótesis previamente formulada.

Una vez interpretada la información, se utilizó el método de síntesis, a efecto de obtener las conclusiones y recomendaciones del presente trabajo de investigación, el que sirvió además para hacer congruente la totalidad de la investigación, con los resultados obtenidos producto de la investigación de campo.

I.5.2 Técnicas.

Las técnicas empleadas, tanto en la formulación como en la comprobación de la hipótesis, se expusieron anteriormente; pero éstas variaron de acuerdo a la etapa de la formulación de la hipótesis y a la comprobación de la misma; así:

Como se describió en el apartado (1.5.1 Métodos), las técnicas empleadas en la formulación fueron: La observación directa, la investigación documental y las fichas bibliográficas; así como la entrevista a las personas relacionadas directamente con la problemática. Por otro lado, la comprobación de la hipótesis, se utilizó la encuesta, muestreo estadístico y el censo.

Como se puede advertir fácilmente, la encuesta estuvo presente en la etapa de la formulación de la hipótesis y en la etapa de la comprobación de la misma. La investigación documental, estuvo presente además de las dos etapas indicadas, en toda la investigación documental y especialmente, para conformar el marco teórico.

II. MARCO TEÓRICO

La siguiente recopilación investigativa concierne al segmento teórico y documental de autores que han explicado y generado una base científica que ayuda a entender mejor el tema y generar propuesta de solución. Con la finalidad de desarrollar el presente capítulo, fueron objeto de consulta autores nacionales y extranjeros, medios de comunicación visual y escrito, para así sustentar las definiciones conceptuales.

II.1. Aspectos conceptuales.

Incidentes personales.

“Un incidente es aquello que acontece en el curso de un asunto y que cambia su devenir. El término tiene su origen en el vocablo latino *incĭdens*”. (Pérez Porto & Merino, 2014).

“Es todo suceso no deseado o no intencionado, que bajo circunstancias muy poco diferentes podría ocasionar pérdidas para las personas, la propiedad o los procesos”. (Pérez Porto & Merino, 2014).

“Los incidentes pueden degenerar en accidentes, enfermedades a largo plazo, problemas con la producción, equipos, etc. Al igual que los accidentes, afectan la eficiencia de los procesos y son completamente evitables”. (Rodellar, 1998).

“Un incidente es una llamada de atención que debe de ser atendida a la brevedad. Nos permite identificar y controlar las causas que lo han generado, esto antes que ocurra un accidente”. (Rodellar, 1998).

“Ese hecho que sucede suspenderá o interrumpirá de manera inesperada lo que venía en sucesión o se esperaba que pase, y obstaculizará el curso normal de las cosas. Puede tratarse de miles de situaciones, que pueden provocar o no consecuencias negativas, y en algunos casos es necesario la reprogramación de las actividades que se tenían previstas y que fueron suspendidas”. (Ucha, 2011).

“Evento no deseado o una secuencia de eventos específicos, no planeados e imprevistos, que interrumpen o podrían interrumpir, o deteriorar la eficiencia de la operación y, en circunstancias diferentes causarían daños a las personas y/ o al ambiente”. (Ucha, 2011).

“Un incidente se define como un evento, suceso, condición o situación no deseada que podría tener un impacto negativo. Bajo un correcto manejo de los incidentes se puede evitar que estos se traduzcan en accidentes, es decir, el minimizar y tratar adecuadamente los incidentes vemos reducido en gran manera la posibilidad de que se genere un accidente”. (Rodellar, 1998).

Incidente laboral. “Problema que se genera en el ámbito laboral y en el que entra en riesgo la salud del empleado. Por otra parte nos podremos encontrar con el llamado incidente laboral, que como ya su denominación nos anticipa es un problema que se genera en el ámbito laboral de una persona y que pone en riesgo su salud y la de otros trabajadores. Está en estrecha vinculación con el concepto de accidente laboral”. (Ucha, 2011).

“Para evitar este tipo de incidentes que en muchos casos revisten gravedad para los trabajadores y hasta pueden tener consecuencias fatales, es que las organizaciones que se ocupan del control en las empresas y las propias compañías, han empezado a desarrollar protocolos muy rigurosos al respecto de la

protección en este sentido y por caso las condiciones deben ser observadas sin excepciones”. (Ucha, 2011).

“Cualquier desvío en este sentido puede y debe ser castigado ya que lo que está en juego es la vida de las personas que trabajan, por supuesto que hay trabajos más riesgosos que otros, no es lo mismo el riesgo que tiene un obrero de la construcción con el que puede experimentar un oficinista. Así es que los protocolos y cuidados se desarrollan en función de las tareas laborales”. (Ucha, 2011).

Accidente personal.

“Se define como accidente (del latín *accīdens, -entis*), en otras palabras, un suceso no planeado y no deseado que provoca un daño, lesión u otra incidencia negativa sobre un objeto o sujeto. Para tomar esta definición, se debe entender que los daños se dividen en accidentales e intencionales (o dolosos y culposos). El accidente es la consecuencia de una negligencia al tomar en cuenta los factores de riesgo o las posibles consecuencias de una acción tomada”. (Robertson, 2015).

“La amplitud de los términos de esta definición obliga a tener presente que los diferentes tipos de accidentes se hallan condicionados por múltiples fenómenos de carácter imprevisible e incontrolable. El sentido más común de la palabra hace referencia a acciones involuntarias que dañan a seres humanos. En este sentido, el grupo que genera mayor mortalidad es el de los accidentes de tránsito”. (Robertson, 2015).

“Los accidentes afectan negativamente la eficiencia de las operaciones de la empresa. Todos los accidentes pueden evitarse ya que su origen se encuentra en una mala práctica o condición que pueden ser corregidas”. (Rodellar, 1998).

“Existen dos tipos de causas que ocasionan los accidentes y son las causas básicas y las causas inmediatas. Una causa inmediata puede ser la falta de un elemento de protección y una causa básica pueda ser que el elemento de protección no se utilice porque resulta incómodo”. (Martínez, 2013).

Causas básicas y causas inmediatas. “La causa inmediata de un accidente puede ser la falta de equipo de protección, pero la causa básica puede ser que el equipo de protección no se utilice porque resulta incómodo. Supongamos que a un tornero se le ha clavado una viruta en un ojo. Investigado el caso se comprueba que no llevaba puestas las gafas de seguridad”. (Taylor, Easter, & Hegney, 2004).

“La causa inmediata es la ausencia de protección individual, pero la causa básica está por descubrirse y es fundamental investigar por qué no llevaba puestas las gafas. Podría ser por tratar de ganar tiempo, porque no estaba especificado que en aquel trabajo se utilizaran gafas (falta de normas de trabajo), porque las gafas fueran incómodas”. (Taylor, Easter, & Hegney, 2004).

Factores personales. “Diversos accidentes son causados por factores personales, es decir, están ligados con el comportamiento humano. Estos factores pueden ser:” (Taylor, Easter, & Hegney, 2004).

- **Falta de conocimientos o capacitación.** “El personal no cuenta con los conocimientos necesarios para realizar su tarea de una manera segura o no conoce los riesgos presentes en ésta. Por ejemplo, la manipulación de residuos biológicos infecciosos”.
- **Motivación.** El individuo carece de motivación para desempeñar una actividad o la realiza con la motivación equivocada.

- **Ahorrar tiempo.** Se intenta ahorrar el mayor tiempo posible para terminar una labor. Esto lleva a cometer errores y comprometer la seguridad.
- **Buscar la comodidad.** Algunos elementos de seguridad resultan incómodos y las personas prefieren evitarlos para sentirse más cómodos. Por ejemplo, evitar el uso del cinturón de seguridad o el casco.
- **Capacidades físicas y/o mentales.** “Las capacidades físicas y mentales del individuo deben ser óptimas para desempeñar una actividad de riesgo. Una persona con epilepsia debe evitar conducir vehículos pesados”.

Accidentes laborales. “El accidente laboral es un concepto que encierra los efectos derivados de una rápida evolución tecnológica y productiva en este siglo, y por ello se realiza, un gran esfuerzo con el fin de erradicar los efectos que lesionan el desarrollo social y económico”. (Arguelles Varcárcel, 1989).

“Un accidente acontecido indica la existencia real de un riesgo, que no detectado anteriormente o no corregido, lo conocemos a través de sus consecuencias”. (Robaina Aguirre, 1994).

“La posibilidad de que ocurra un accidente existe en todos los campos de la actividad humana y el del trabajo no es una excepción. Los accidentes del trabajo son la consecuencia final de obras y de condiciones que no respetan las exigencias y las normas establecidas. Considerar que los accidentes de trabajo son el precio normal e inevitable que hay que pagar por el progreso es una actitud demasiado cómoda”. (Díaz Tabares, 1997).

“Aunque pudiera suponerse que, al hablar de accidentes, todos hablamos de los mismos, veamos las siguientes definiciones como para entender este tema.” (Botta, 2018).

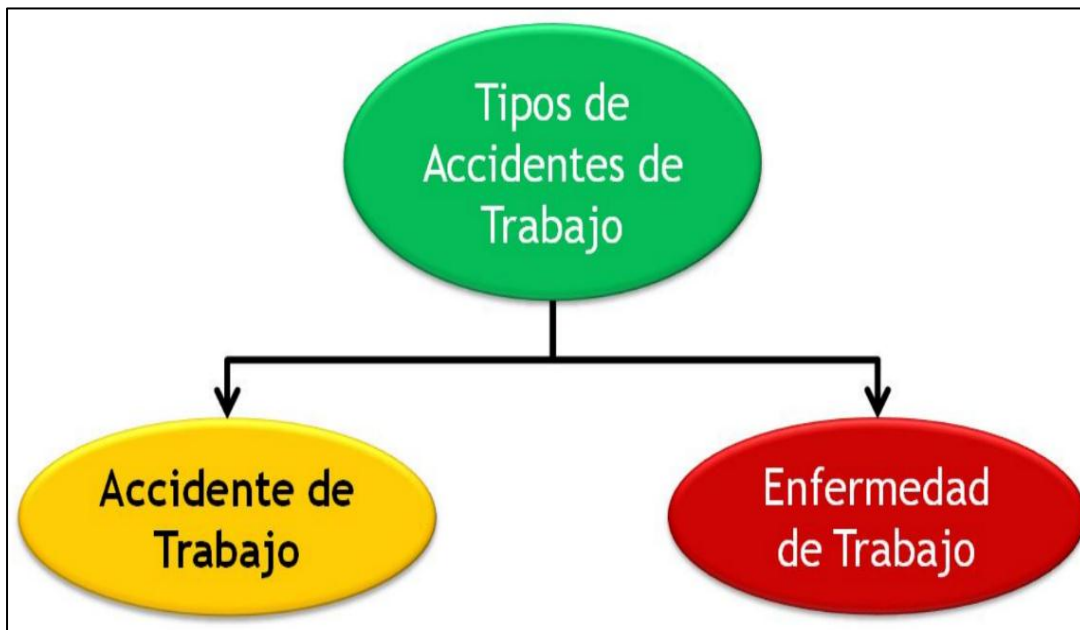
- Resultado de una cadena de acontecimientos en la que algo ha funcionado mal y no ha llegado a buen término.
- Una consecuencia no deseada del funcionamiento del sistema.
- Un accidente es un acontecimiento inesperado y no planeado que da por resultado daños a las personas, a la propiedad o al medio ambiente.
- Todo accidente es una combinación de riesgo físico y error humano.
- Hecho en el cual ocurra o no la lesión de una persona, dañándose o no a la propiedad; o sólo se crea la posibilidad de tales efectos ocasionados por: el contacto de la persona con un objeto, sustancia u otra persona; exposición del individuo a ciertos riesgos latentes; movimientos de la misma persona.
- Hecho observable que en principio sucede en un lugar determinado y cuya característica esencial es el atentar contra la integridad del individuo.
- Acontecimiento imprevisto, incontrolado e indeseado que interrumpe el desarrollo normal de una actividad.
- Una transferencia indeseada de energía, debido a la falta de barreras o controles que producen lesiones, pérdidas de bienes o interfieren en procesos, precedidas de secuencias de errores de planeamiento y operación; los cuales: a) no se adaptan a cambios en factores físicos o humanos, y b) producen condiciones y/o actos inseguros, provenientes del riesgo de la actividad, que interrumpen o degradan la misma.
- Los accidentes son un producto organizacional indeseado fruto de toda la estructura organizacional, en la que las acciones de dirección, las de supervisión y los trabajadores interactúan con un ambiente físico que es a la vez fruto y consecuencia de esas acciones.

“Los accidentes siempre se deben a conductas en un marco de condiciones ambientales dadas, y las conductas siempre son individuales en el marco de esas condiciones sociales”.

Tipos de accidentes de laborales. “A los accidentes de trabajo los podemos clasificar en dos grandes grupos, por un lado, los accidentes de trabajo propiamente dichos y por otro lado el grupo de las enfermedades de trabajo, que no dejen de ser un accidente de trabajo, pero con algunas características distintas”. (Botta, 2018).

“Ambos grupos nacen del mismo concepto general de accidente. Una cadena de eventos, sucesos y condiciones que terminaron en daño”. (Botta, 2018).

Ilustración 1. Clasificación de los accidentes laborales.



Fuente: Botta, 2018.

Elementos que caracterizan al accidente laboral. “Hay que diferenciar entre lo que es un “accidente” de lo que es un “accidente de trabajo”; aunque las definiciones de accidente coinciden casi totalmente con las que podemos encontrar para accidente de trabajo, a estos últimos las diferencias determinadas características que pasamos a describir:”

Acontecimiento inesperado y no planeado. “Un accidente planeado entraría dentro del rubro atentado o auto atentado, y fuera de la órbita de los accidentes de trabajo. Pero cuando se da este tipo de situaciones dentro de una empresa, más allá de que no es un accidente y menos de trabajo, hay que preguntarse porque suceden. El concepto inesperado está íntimamente relacionado al concepto de aleatorio”. (Botta, 2018).

Acontecimiento aleatorio. “Si hay una característica que define a los accidentes y su comportamiento, esa es la aleatoriedad”.

“El concepto de aleatorio según el diccionario significa: perteneciente o relativo al juego de azar. Dependiente de algún suceso fortuito; azar significa: casualidad, caso fortuito. Desgracia imprevista. Sin rumbo ni orden; fortuito significa: que sucede inopinada y casualmente; inopinada significa: que sucede sin haber pensado en ello, o sin esperarlo”. (Botta, 2018).

“Podemos concluir que los accidentes de trabajo no tienen un patrón de comportamiento determinado, un camino que seguir, una fórmula que los explique, no tienen orden y suceden sin esperarlos”. (Botta, 2018).

Acontecimiento no pronosticable. “El concepto no pronosticable está íntimamente relacionado con el de aleatorio, al ser un evento del tipo aleatorio, y suceder sin un rumbo, ni un orden y sin esperarlos, los convierte en un suceso que no pueden ser

pronosticados, es decir, no puede establecerse cómo, cuándo y qué va a suceder. El concepto no pronosticable tiene que ver con la débil relación causa-consecuencia que existe en los accidentes”. (Aguirre, 1994).

Acontecimiento violento. “Esta característica no tiene nada que ver con la llamada violencia social. Lo violento del accidente está relacionado con que se produce bruscamente, con ímpetu e intensidad extraordinaria, es decir, mucha energía puesta en juego en muy poco tiempo. Para fracturar un hueso o sufrir un traumatismo no alcanza con tocar o acariciar al agente de daño”. (Aguirre, 1994).

Alta velocidad de producción del daño. “Esta situación violenta que representa un accidente es motivo de su alta velocidad de producir daño. El daño aparece casi en forma instantánea con el intercambio brusco y violento de energía entre el agente agresor y el objeto de daño. Nadie se corta hoy y sangra mañana, si alguien se golpea ahora le duele ahora (quizás un poquito pero un golpe duele) no mañana; mañana quizás le duela más. Las consecuencias de los accidentes son inmediatas”. (Botta, 2018).

“No hay nada que excuse la falta de denuncia de un accidente en el momento de su ocurrencia porque la persona accidentada se entera en el momento. Puede haber situaciones especiales y muy puntuales donde por la situación de actividad en que se encuentra el cuerpo, el dolor aparezca recién cuando el mismo se enfría”. (Botta, 2018).

Daños a las personas, a la propiedad o al medio ambiente. “Los accidentes dañan a las personas de todo tipo y sin distinción de edad, sexo, raza, educación, cargo jerárquico, etc.; daña a los bienes personales como máquinas, equipos, instalaciones, producciones; y también dañan al medio ambiente como ser los vecinos, sus casas, su naturaleza y su medio y modo de vida”. (Aguirre, 1994).

Producto del trabajo o en ocasión del trabajo. “Un accidente es producto del trabajo cuando ocurre en labores, es decir, al producir bienes o servicios, o partes de él. Por ejemplo: una persona que hace un pozo con la pala se clava la pala en el pié, o un personal administrativo que al abrir un sobre con un elemento filoso se corta la mano, o el electricista que al desarmar un enchufe se clava el destornillador en la palma de la mano”. (Tabares, 1997).

“Un accidente es en ocasión del trabajo cuando ocurre no precisamente en producción de bienes o servicios, sino por el hecho de tener que hacer esas actividades productivas, son actividades que se deben hacer o se hacen por el hecho de tener que trabajar. Por ejemplo: una persona que se dirige al baño se tuerce el tobillo en el camino, una persona en un curso de capacitación se le quiebra la pata de la silla y cae de espaldas al piso”. (Tabares, 1997).

“El accidente *“In Itinere”* es el típico accidente en ocasión del trabajo por que sucede en el camino de casa al trabajo y viceversa, el trabajo no es ir al trabajo, pero sino no se hace no se puede ir a trabajar, se hace por motivos de trabajar, por eso es que muchas legislaciones, lo consideran como un accidente de trabajo y tiene las mismas coberturas que un accidente producto del trabajo”. (Tabares, 1997).

Multicausal. “Los accidentes tienen causas que los generan y estas son múltiples, es decir, hay más de una causa. Para adelantar el tema estas causas son dos grandes grupos: el peligro y los factores de riesgo”. (Tabares, 1997).

Diferencia entre incidente laboral y accidente laboral.

“Un incidente laboral no es lo mismo que un accidente. Saber diferenciarlos es clave para prevenir que ambos se produzcan dentro de la organización”. (Bizneo, 2019).

“Los incidentes laborales se reconocen como amenazas potenciales a la salud de los empleados, tanto física como emocional. Se diferencian de los accidentes laborales porque estos afectan directamente a la salud del empleado y no se presentan como posibilidades sino como hechos concretos”. (Bizneo, 2019).

“Conocer los potenciales incidentes laborales que se pueden presentar en una organización es una oportunidad para evaluar las políticas de seguridad, el diseño y estructura de la organización. Además, al evaluarlos, se previene su manifestación”. (Bizneo, 2019).

Incidente laboral vs accidente laboral. “El incidente laboral representa un riesgo potencial para la salud del empleado. Aunque inmediatamente no haya riesgo físico, puede llegar a existir, se debe prever esa situación e intentar evitarla”. (Bizneo, 2019).

“Por su parte, el accidente laboral es aquel que se produce durante la jornada de trabajo, bien por un incidente laboral no atendido o debido a una enfermedad derivada de las tareas de la persona, por ejemplo:” (Bizneo, 2019).

“El accidente laboral es un acontecimiento súbito y repentino derivado del trabajo que realiza el empleado. Puede producirle una lesión física o psicológica que impide que continúe en ejecución de sus labores de forma normal o incluso su fallecimiento”. (Bizneo, 2019).

“Este puede producirse mientras el trabajador realiza sus tareas, durante el traslado desde casa hasta el sitio de trabajo o viceversa, así el medio de transporte es responsabilidad de la organización o si el accidente laboral se produce durante una actividad recreativa o cultural en la que el empleado haya representado a la organización”. (Bizneo, 2019).

“Mientras el incidente laboral representa una amenaza potencial para la salud del empleado o los bienes de la organización, el otro afecta directamente la salud del empleado o los recursos materiales de la empresa”. (Bizneo, 2019).

Áreas expuestas.

Es una zona específica cuyas condiciones e incidencia de riesgo la convierten en un área vulnerable y altamente propensa al desarrollo de accidentes del tipo antrópico o natural, por lo que deben implementarse medidas directas para prevenir la ocurrencia de cualquier tipo de percance. Una zona de alto tránsito puede ser un ejemplo de un área expuesta, ya que la afluencia y congestión son detonantes de hechos no esperados.

Espacio en que se produce determinados fenómenos como lo puede ser un acto inseguro, esto es debido a una condición insegura ya que está relacionado con instalaciones, equipos de trabajo, maquinaria y herramientas que no están en condiciones adecuadas para realizar las actividades correctamente, por lo tanto implican un riesgo para las personas, por falta de señalización, información o iluminación.

Áreas de circulación masiva.

“El término “circulación” se refiere al movimiento de personas a través, alrededor y entre edificios y otras partes del entorno construido. Dentro de los edificios, los espacios de circulación son espacios predominantemente utilizados para la circulación, como entradas, vestíbulos, pasillos, escaleras, descansos, etc.”. (Hisour, 2017).

“Los espacios de circulación pueden clasificarse como aquellos que facilitan la circulación horizontal, como los corredores y los que facilitan la circulación vertical, como escaleras y rampas”. (Hisour, 2017).

“También pueden estar restringidos a grupos de usuarios específicos, por ejemplo, en edificios utilizados por el público puede haber espacios de circulación pública, y también, espacios de circulación privada de acceso restringido. Pueden ser espacios cerrados, como corredores o espacios abiertos como atrios y, en algunos casos, pueden tener funciones múltiples”. (Hisour, 2017).

“En arquitectura, la circulación se refiere a la forma en que las personas se mueven e interactúan con un edificio. En los edificios públicos, la circulación es de gran importancia; Las estructuras como ascensores, escaleras mecánicas y escaleras a menudo se denominan elementos de circulación, ya que están posicionadas y diseñadas para optimizar el flujo de personas a través de un edificio, a veces mediante el uso de un núcleo”. (Hisour, 2017).

“En particular, las rutas de circulación son las rutas que las personas toman a través y alrededor de edificios o lugares urbanos. La circulación a menudo se considera como el “espacio entre los espacios”, que tiene una función conectiva, pero puede ser mucho más que eso. Es el concepto que captura la experiencia de mover nuestros cuerpos alrededor de un edificio, en tres dimensiones y en el tiempo”. (de Lucas, 2013).

“El tamaño de los espacios de circulación puede estar determinado por factores tales como; el tipo de uso, el número de personas que los usan, la dirección de viaje, los flujos de cruce, etc. En edificios complejos, como hospitales o intercambios de transporte, es posible que se necesite señalización u otras formas de orientación para ayudar a las personas a navegar por los espacios de circulación”. (Velasco, 2016).

“Un espacio (incluida una escalera protegida) utilizado principalmente como un medio de acceso entre una habitación y una salida del edificio o compartimento. Donde una escalera protegida es aquella que descarga a través de una salida final a

un lugar de seguridad (incluyéndose cualquier pasaje de salida entre el pie de la escalera y la salida final) que está adecuadamente cerrada con una construcción resistente al fuego”. (Velasco, 2016).

Y un compartimiento es un edificio o parte de un edificio que comprende una o más habitaciones, espacios o pisos construidos para evitar la propagación del fuego hacia o desde otra parte del mismo edificio o un edificio contiguo. (Velasco, 2016).

“Son los espacios, pasillos, calles y todos los lugares peatonales que son concurridos por grandes cantidades de personas, en los que se da demasiada movilización en algunos casos aglomeraciones que pueden provocar incidentes o accidentes en dicha superficie”. (Villegas, 2004).

“Las áreas de circulación pueden clasificarse también como los espacios que facilitan la movilización de manera horizontal, por ejemplo, los corredores, la circulación vertical, por ejemplo, las rampas y escaleras. También existen aquellas áreas de circulación para usuarios específicos. En particular se puede decir que las áreas de circulación son las áreas que las personas toman a través y alrededor de edificios o lugares urbanos”. (Villegas, 2004).

En este caso nos referiremos a las áreas por donde el tránsito de personas que se concentran en mayor cantidad para desplazarse, de un edificio o de un aula a otra, entiéndase en el corredor central de la universidad.

Componentes de circulación. “Aunque cada espacio al que una persona puede acceder u ocupar forma parte del sistema de circulación de un edificio, cuando hablamos de circulación, por lo general no intentamos dar cuenta de a dónde iría cada persona. En cambio, a menudo nos aproximamos a las rutas principales de la mayoría de los usuarios”. (Hisour, 2017).

“Para simplificar aún más, se puede entender los diferentes tipos de circulación, que se superponen entre sí y la planificación general. El tipo y la extensión de estas divisiones dependerán del proyecto, pero pueden incluir:” (de Lucas, 2013).

- Dirección del movimiento: horizontal o vertical.
- Tipo de uso: público o privado, frente a la casa o parte trasera de la casa.
- Frecuencia de uso: común o de emergencia.
- Tiempo de uso: mañana, día, tarde, continuo.

“Cada uno de estos tipos de circulación requerirá una consideración arquitectónica diferente. El movimiento puede ser rápido o lento, mecánico o manual, llevado a cabo en la oscuridad o completamente iluminado, atestado o individual. Los caminos pueden ser pausados y sinuosos, o estrechos y directos”. (de Lucas, 2013).

Seguridad industrial.

“Es el conjunto de normas para el comportamiento adecuado de y hacia las personas comprometidas en el trabajo industrial y sus productos, con inclusión de quienes ocasional o permanentemente se encuentren vinculados con los mismos y puedan generar afectación desfavorable o puedan resultar afectadas como consecuencia de incidentes desfavorables”. (Banco Mundial, 1984).

“Comprende el uso adecuado de procedimientos, instalaciones, vehículos, sistemas de comunicación, herramientas y materiales en los procesos industriales. Implica también la puesta en práctica de dispositivos y protocolos de manejo para casos de emergencia. Tiene por objetivo la prevención que se ocupa de dar seguridad o directrices generales para el manejo o la gestión de riesgos en el sistema”. (Banco Mundial, 1984).

Puede definirse también como: “el sistema de disposiciones obligatorias que tienen por objeto la prevención y limitación de riesgos, así como la protección contra accidentes capaces de producir daños a las personas, a los bienes o al medio ambiente derivados de la actividad industrial o de la utilización, funcionamiento y mantenimiento de las instalaciones o equipos y de la producción, uso o consumo, almacenamiento o rehecho de los productos industriales”. (Banco Mundial, 1984).

“Las instalaciones industriales incluyen una gran variedad de operaciones de minería, transporte, generación de energía, transformación de productos químicos, fabricación y eliminación de residuos, que tienen peligros inherentes que requieren un manejo muy cuidadoso. Se trata, en consecuencia, de adoptar, cumplir y hacer cumplir una serie de normas de seguridad y medidas preventivas que permitan desarrollar el trabajo de manera efectiva y sin perjuicios”. (Banco Mundial, 1984).

“En cuanto a su origen etimológico, proviene del latín, por un lado “*securitas*” que podríamos precisar como “seguridad, cualidad de estar sin cuidado” y, por el otro, “*industrial*” que proviene de “industria”, y hace referencia a “laboriosidad”. (Murua Chevesich & Granda Ibarra, 1983).

“Podemos dividir a los principales riesgos que conlleva la actividad industrial en dos grandes categorías:” (Murua Chevesich & Granda Ibarra, 1983).

- **Riesgos exógenos:** riesgos que tienen que ver con el contexto en el que se desarrolla, el importante impacto ambiental que acarrea la industria y la devastación de recursos, por ejemplo, puede repercutir y perjudicar a poblaciones de habitantes o regiones enteras.

- **Riesgos endógenos:** son riesgos vinculados a los accidentes internos propios de la actividad que aplica el trabajador, en lo manual, o en lo operativo.

“Su objetivo principal es detectar, analizar, controlar y prevenir los factores de riesgo específicos y generales existentes en los lugares de trabajo, que contribuyen como causa real o potencial a producir accidentes de trabajo. Esta actividad es de gran trascendencia dentro de las actividades de salud ocupacional, por las siguientes razones:” (Mancera Fernández, 2012).

a. “Las fallas de seguridad industrial se traducen en sucesos repentinos que no dan tiempo a reaccionar, por lo cual es indispensable aplicar, con antelación, medidas preventivas en el momento en que se detecta el peligro”. (Mancera Fernández, 2012).

b. “La consecuencia negativa de la falta de seguridad industrial, materializada en el accidente, es el indicador más utilizado para la evaluación de un programa de gestión preventiva y, por consiguiente, factor decisivo para calificar la eficiencia de dichos programas”. (Mancera Fernández, 2012).

c. “La seguridad industrial no es una actividad científica; puede suceder que en situaciones de peligros inminentes jamás ocurra un accidente y, por el contrario, en ambientes aparentemente seguros, se presenten accidentes sin que exista una relación directa como la existente entre la exposición a agentes nocivos de higiene industrial (en concentraciones que sobrepasen los valores límites permisibles), y la enfermedad profesional”. (Mancera Fernández, 2012).

Procedimientos de seguridad industrial. Son el conjunto de protocolos establecidos dentro de un Plan para la Gestión de Riesgos de cualquier empresa, es

la guía de acción que ordena lo que debe hacerse para prevenir accidentes laborales y cómo actuar en caso de que ocurra uno.

Los procedimientos de seguridad industrial deben comprender a cabalidad cada situación posible dentro de la empresa y determinar las medidas de prevención, corrección y de contingencia, con la finalidad principal de evitar que suceda algún percance, sin embargo, es preciso comprender que un accidente laboral puede ocurrir a pesar de tomar todas las medidas establecidas, por lo que también se tiene que adecuar un plan de contingencia.

Características del incumplimiento de la seguridad industrial. Son los aspectos que identifican la falta total o parcial de seguridad industrial dentro de una empresa, algunas de las características que identifican a una entidad que no cuenta con plan de seguridad industrial son:

- Accidentes laborales frecuentes.
- Falta de manuales sobre políticas y normas de prevención de accidentes laborales.
- Empleados descuidados por falta de capacitación e información.
- Actividades laborales realizadas sin la seguridad debida.
- Equipos, herramientas, maquinaria e insumos mal dispuestos para su funcionamiento.
- Falta de supervisión constante en actividades laborales.

Seguridad e higiene industrial. “Es el conjunto de medidas técnicas, económicas, psicológicas, etc., que tienen como meta ayudar a la empresa y a sus trabajadores a prevenir los accidentes industriales, al controlar los riesgos propios de la ocupación,

y conservar los locales, la infraestructura industrial y sobre todo los ambientes naturales”. (OIT, 2009).

Sus fundamentos son los siguientes:

- Proteger la vida y la salud de los trabajadores.
- Salvaguardar y proteger las instalaciones industriales.
- Las personas lesionadas traen como consecuencia pérdidas.

La seguridad e higiene industrial tienen como objetivos:

- “Dar a conocer a los trabajadores los principios básicos para prevenir los accidentes. Capacitar, educar y entrenar en materia de seguridad, higiene y control ambiental al trabajador de la industria y comercio”. (OIT, 2009).
- “Controlar los riesgos propios de las ocupaciones. Es decir, se debe diseñar un buen programa de prevención de accidentes, de tal manera que la alta dirección y los trabajadores estén completamente de acuerdo con su aplicación y responsabilidades”. (OIT, 2009).
- “Conservar la infraestructura industrial (locales, materiales, maquinarias, equipos, etc.) en condiciones normales y óptimas”. (OIT, 2009).

Gestión. “La gestión en seguridad e higiene ocupacional, se proyecta como un modelo de planeación, ejecución y evaluación de todas las actividades que se desarrollen, bajo políticas gerenciales que se dirijan hacia un mejoramiento continuo, dentro de un manejo racional de los peligros”. (Ruiz, 2014).

“La gestión tiene como una de sus principales estrategias la proyección de las metas empresariales, el acondicionamiento de procedimientos, la utilización de máquinas,

equipos, herramientas, materias primas e insumos que correspondan a los requerimientos de producción y, como actividad prioritaria, la capacitación y motivación del personal para disponer de una mano de obra capacitada y comprometida con el desarrollo y el bienestar de la empresa. Es igualmente importante disponer de sistemas de auditorías que garanticen la eficiencia en la inversión de recursos”. (Ruiz, 2014).

“Asimismo, se debe asegurarla continuidad de la empresa, frente a todas las amenazas que puedan existir, porque de esta forma se protege el prestigio de sus productos, la fidelidad de la clientela y la experiencia adquirida, condiciones que deben sobrevivir a cualquier clase de emergencia material o económica que pueda surgir”. (Ruiz, 2014).

Importancia de la Seguridad Industrial. La seguridad en el trabajo o la seguridad ocupacional, es uno de los programas más importantes en cualquier empresa. Dicho programa debe concebirse como parte de la empresa y no como algo que debe hacerse aisladamente, o realizarse cuando se tenga tiempo.

Por la importancia de dichos programas, (Echeverría, 2004) indica que en Guatemala y en cualquier parte del mundo, una persona accidentada sufre física, moral, psicológica y emocionalmente los efectos del accidente. Estos efectos, son razón suficiente para justificar las acciones de un programa de seguridad.

Sin embargo, hay razones también importantes, sobre la necesidad de implementar el o los programas de seguridad industrial, ya que financieramente, resulta una pérdida de capital, por aquellos costos indirectos (tiempo perdido, tiempo de otras personas al atender al lesionado, gastos de equipo, etc.) que aquellos directos (materia prima, producto en proceso, etc.).

Además los costos aumentan por una mala organización de materiales en bodegas, desorden de materiales, pasillos atestados de cosas, mal uso del recurso energético, etc. Las razones señaladas, pueden ser argumentos válidos, para exhortar a los directivos de una empresa a realizar programas de capacitación continua sobre seguridad industrial y poder minimizar los accidentes en el trabajo en cualquier área de la empresa.

Objetivo de la seguridad e higiene industrial. El objetivo de la seguridad e higiene industrial es:

- Prevenir los accidentes laborales, los cuales se producen como consecuencia de las actividades de producción, por lo tanto, una producción que no contempla las medidas de seguridad e higiene no es una buena producción. Una buena producción debe satisfacer las condiciones necesarias de los tres elementos indispensables, seguridad, productividad y calidad de los productos. Por tanto, contribuye a la reducción de sus socios y clientes.
- Conocer las necesidades de la empresa para poder ofrecerles la información más adecuada orientada a solucionar sus problemas.
- Comunicar los descubrimientos e innovaciones logrados en cada área de interés relacionado con la prevención de accidentes. (Denton, 1998).

Iluminación.

“Es la acción o efecto de iluminar. En la técnica se refiere al conjunto de dispositivos que se instalan para producir ciertos efectos luminosos, tanto prácticos como decorativos”. (Walton & Reyes, 1983).

“Con la iluminación se pretende, en primer lugar, conseguir un nivel de iluminación - interior o exterior - , o iluminancia, adecuado al uso que se quiere dar al espacio

iluminado, nivel que dependerá de la tarea que los usuarios hayan de realizar”. (Walton & Reyes, 1983).

Percepción de la luz. “La manera en como percibimos la luz está asociada no solo por el estímulo de la vista o del sentido propio de ver. El estímulo del sistema visual provee información para que el ojo lo interprete con base en experiencias pasadas o el conocimiento de esta manera hace que la información coincida con códigos de información almacenada para así interpretar situaciones y en caso específico objetos dentro de un entorno iluminado”. (Albella Martín, 1993).

“La manera en cómo funciona este proceso es que los objetos que se mueven frente a nosotros son captados por la retina que su vez dan forma y tamaño según las leyes de la óptica física. Es por ello que la luz del día va moviéndose a través del cielo y por las condiciones meteorológicas, nuestra percepción de la realidad y la iluminación según el lugar en donde nos encontremos va cambiándose poco a poco conforme avanza el día. Esta variante de percepción ligada a la iluminación natural del día se le conoce como constancia perceptual”. (Albella Martín, 1993).

Constancias de la percepción. “Existen cuatro atributos fundamentales de un objeto relacionado con la iluminación que varían según la cantidad de luz física que reciben o que comprende en su entorno”. (Albella Martín, 1993).

- Iluminación
- Color físico
- Tamaño
- Forma

Factores humanos y luz. “La luz física afecta directamente la respuesta emocional de los seres humanos y de las personas que ocupan un espacio, la manera en como percibimos los espacios, lo que transmite esto va directamente relacionado con las sensaciones que se van a generar al habitarse este, si el lugar tiene un diseño adecuado de iluminación hará que el ser humano se sienta en un ambiente confortable, este no comienza con la selección de las luminarias si no con la evaluación de los ocupantes, las necesidades, las habilidades que este tiene tanto física como visualmente, edad, estilo de vida”. (Skoog, Holler, & Nieman, 2001).

“Las personas mayores de 55 años requieren el doble de iluminación en un espacio que las personas de 20 años. Por esta razón se deberá realizar un proyecto a detalle de la iluminación física en un espacio”. (Skoog, Holler, & Nieman, 2001).

Calidad de la luz. “La luz física dentro de los espacios la podemos encontrar de manera directa o difusa. La luz difusa disminuye la presencia de sombras y da una sensación de relajamiento y de una atmósfera más adecuada para el habitante, esta luz hace que ningún objeto sea protagonista de un espacio o tenga una atención localizada. Todos los objetos de un espacio con iluminación difusa tienen la misma jerarquía o importancia, por otro lado, cuando contamos con iluminación directa creamos sombras y énfasis en el objeto o área que está iluminándose con esta, ya que es más puntual y crea un énfasis en las formas y texturas”. (Morrow, 1986).

La mejora de la luz física en los espacios. “El objetivo que se tiene siempre considerado y como tal el principal de la instalación eléctrica y de iluminación dentro de un espacio es poder ofrecer al habitante de estos el poder realizar las tareas de manera más rápida, cómoda y segura”. (Morrow, 1986).

“Se entiende entonces que esto es para poder lograr objetivos por ello es necesario ofrecer espacios lo suficientemente iluminados para entonces tener una percepción

visual adecuada y así realizar los trabajos a desempeñar de la mejor manera. Es por eso que se entiende si cambiamos las tareas que se deben llevar a cabo en un espacio la iluminación física deberá cambiar y viceversa. Se deberán considerar los siguientes aspectos para esto". (Morrow, 1986).

- Índices de reproducción cromática adecuados donde sean necesarios.
- Cálculo de flujo luminoso necesario para las zonas de trabajo que relacionan el uso de maquinarias.
- Evitar deslumbramientos, pensar siempre en el confort visual.
- Diseño de iluminación, al crear un proyecto, se consideran las necesidades específicas del espacio, así como las áreas y las ubicaciones de las luminarias.
- La incorrecta especificación de luminarias puede llevar a problemas en la vista, migrañas, dolores de cabeza. (Morrow, 1986).

Intensidad lumínica de diferentes fuentes y lugares de alimentación.

- Sol de verano - de 10 000 a 50 000 lux.
- Luz diurna en un día nublado - 5000 lux.
- Iluminación de trabajo - 1000 a 1500 lux.
- Iluminación del hogar (salón) - 150 lux.
- Iluminación de las calles - 1 a 20 lux.
- Umbral de los ojos para distinguir el color - 3 lux.
- Luna llena - 0,5 lux. (Skoog, Holler, & Nieman, 2001).

Tipos de iluminación. Se tiene que tomar en cuenta que la luz artificial afecta la decoración y el ambiente en el que se utiliza, nos permite variar formas, colores e incluso percibir variaciones en el espacio. Existen cuatro tipos básicos de iluminación, que son:

- **Iluminación General:** Esta es la luz principal que le permite a uno ver y desplazarse por un cuarto, sin molestias de sombras o zonas que están más o menos iluminadas. Los interruptores están generalmente en la entrada o salida de las habitaciones.
- **Iluminación Puntual:** Es un tipo de iluminación más intensa y centrada, su objetivo es iluminar un área de trabajo o actividad.
- **Iluminación de Ambiente:** Está orientada a crear un tipo de ambiente.
- **Iluminación decorativa:** Se utiliza para dar detalles o iluminar un objeto en particular.

Fuentes de luz. Estas se pueden clasificar como primarias y secundarias, las fuentes primarias son las que emiten luz, mientras que las secundarias la reflejan. Las fuentes primarias se dividen en dos, estas son: naturales y artificiales. Una fuente natural de luz es el sol, mientras que las fuentes artificiales son las lámparas. Existen tres tipos de fuentes de luz eléctrica: incandescentes halógenas, incandescentes de filamento y de descarga.

- **Las lámparas incandescentes halógenas:** Son una versión mejorada de las lámparas de filamento, utilizan el mismo filamento de tungsteno, pero el gas argón que hay en su interior fue remplazado por gas halógeno.

- **Las lámparas incandescentes de filamento:** Son las que al pasar una corriente por un filamento de alambre de tungsteno lo calientan hasta ponerlo incandescente.
- **Lámparas de descarga:** Estas son las que aprovechan la luminiscencia producida por una descarga eléctrica de una atmósfera gaseosa, son conocidas también como lámparas fluorescentes.

Sistemas de iluminación. Los sistemas de iluminación son las diferentes formas de distribuir el flujo luminoso, por encima o por debajo de la horizontal, el cual está determinado por una curva de distribución luminosa. Estos sistemas son los siguientes:

- **Iluminación directa:** Consiste en dirigir el flujo de luz casi completo y de manera directa sobre la zona a iluminar.
- **Iluminación indirecta:** En esta el 90 a 100% de la luz se dirige al techo, pared o a un mobiliario y luego, por medio de refracción, se distribuye en el ambiente.
- **Iluminación difusa o mixta:** En este tipo de iluminación el 50% de la luz se dirige hacia el techo y de allí se refleja y el otro 50% se dirige de manera difusa hacia la zona a iluminar.
- **Iluminación semi-directa:** Esta es una iluminación directa, pero utiliza un difusor o vidrio traslucido entre la lámpara y la zona a iluminar.

- **Iluminación semi-indirecta:** Es una iluminación que en su parte inferior ilumina con un difusor sobre la zona a iluminar.

Iluminación pública.

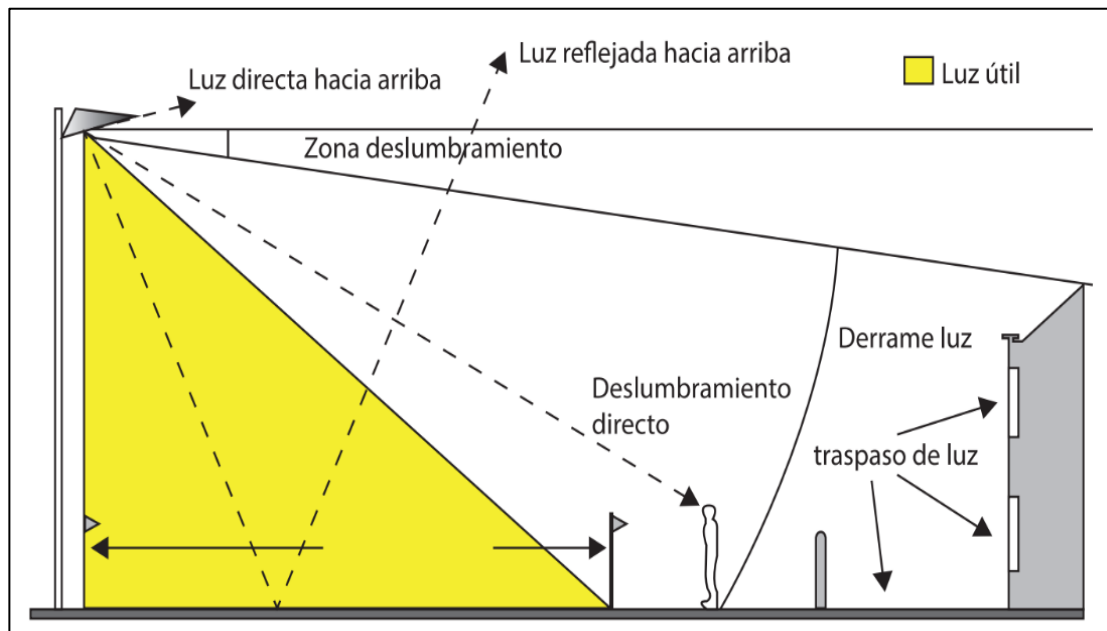
Se refiere a un sistema de alumbrado exterior cuya finalidad es facilitar el tránsito nocturno de peatones y medios de transporte, generalmente al hablar de iluminación pública se puede referir al sistema municipal de iluminación en la vía pública, sin embargo, esto es una visión limitada del término, puesto que la iluminación pública puede referirse también a cualquier espacio exterior iluminado para su uso nocturno de muchas personas y actividades, como en el caso de las empresas que alumbran sus patios para laborar de noche.

“La iluminación de un sistema de alumbrado público debe ser adecuada para el desarrollo normal de las actividades tanto vehiculares como peatonales. Para lo cual se debe tener en cuenta la confiabilidad de la percepción y la comodidad visual, aplicándose la cantidad y calidad de la luz sobre el área observada y de acuerdo con el trabajo visual requerido”. (Luxlite, 2019).

“Así, para cumplir esos requerimientos de luz se debe hacer una cuidadosa selección de la fuente y la luminaria apropiada teniéndose 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”. (Luxlite, 2019).

“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”. (Luxlite, 2019).

Ilustración 2. Geometría óptica adecuada de un sistema de iluminación pública.



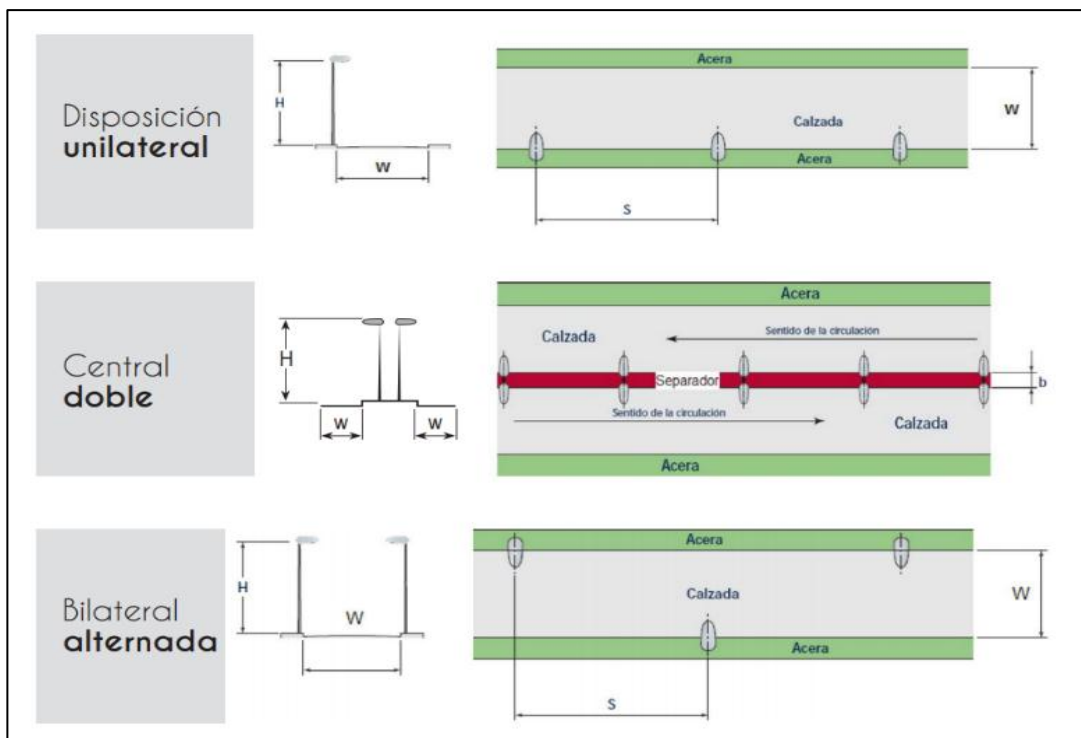
Fuente: Luxlite, 2019.

Formas y tecnologías de alumbrado público. “Para la iluminación de una carretera, un núcleo de población, una fuente, monumento o fachada se emplean un conjunto de elementos tales como báculos, faroles, candelabros de fundición y proyectores, en función de su colocación, intensidad luminosa deseada, entorno y otros factores”. (Fielding, 2007).

“Actualmente se emplean lámparas de tecnología SAP (Lámpara de vapor de sodio de Alta Presión - de tono anaranjado), luminarias led, Aditivos Haluro Metálicos (de tonalidad azul, aunque por errores de composición puede variar) y MCC (Vapor de Mercurio de Color Corregido - de tono verdoso) si bien existen otras como Tungsteno-Halógena (antiguamente llamada Cuarzo-Iodo), fluorescencia. Por su baja eficacia las lámparas de vapor de Mercurio, Luz Mixta (un quemador de mercurio con un filamento incandescente) e incandescente (normal y de Tungsteno-Halógena) no son muy utilizadas en el alumbrado público”. (Fielding, 2007).

“Cada punto de luz puede contar con una o más luminarias. Los puntos de luz se conectan a las salidas de un centro de mando que es alimentado a su vez por una acometida de la compañía eléctrica. Los encendidos se efectúan localmente mediante célula fotoeléctrica, programación por reloj astronómico o remotamente por sistemas de telecontrol basados en líneas RTB, radiofrecuencia o GSM”. (Fielding, 2007).

Ilustración 3. Localización de puntos de iluminación.



Fuente: Fielding, 2007.

Consideraciones técnicas del diseño de alumbrado público. “Estos parámetros siempre se deben tener en cuenta y hacerlos cumplir en todos los casos, siempre y cuando el proyecto y el cliente lo requieran. Actualmente existe una salvedad de cumplimiento del presente reglamento, en el que indica que los proyectos menores de veinticinco (25) luminarias de complementación, remodelación o expansión,

sobre vías con clase de iluminación M5 u otras áreas no están sujetos a trámite de evaluación de proyectos”. (López Arias, 2015).

“Los proyectos de alumbrado público (no pueden clasificarse como problemas) exigen el estudio de múltiples factores que intervienen en el mismo y que deben estudiarse con total rigurosidad puesto que más que cumplir con un reglamento, se debe generar una satisfacción a los distintos usuarios de dicho lugar, es por esto, que es importante tener en cuenta los siguientes parámetros:” (López Arias, 2015).

- La complejidad y velocidad de circulación de la vía o vías.
- Tránsito de vehículos y control de tráfico.
- Tipos de vías.
- Tránsito de peatones
- Necesidad de diferenciación de los objetos presentes en el ambiente.
- Necesidades de los usuarios del sector.
- Nivel de seguridad del sector.
- Necesidad de conservar el carácter arquitectónico del lugar.
- Posibles proyectos de expansión.
- Disponibilidad del espacio suficiente para el proyecto.
- Ubicación de otros servicios públicos cuya reubicación es más costosa o es inviable.
- Presencia de árboles e interferencias de los mismos en las redes de AP y en la iluminación.
- Nivel de contaminación de la misma.

“Una vez estudiados estos factores se procede a realizar el diseño de proyecto de iluminación en el que se tendrá en cuenta la geometría de vía (rectilínea, curva, número de carriles de circulación, reglas de tránsito, superficie de la vía, tipo de

asfalto), las características del ambiente que rodea la vía, tipo de cruces viales y necesidad de los mismos, presencia de puentes, túneles, bahías de estacionamiento, etc. y después de todo esto se tomará la vía como un todo para determinar las necesidades del sector”. (López Arias, 2015).

Fotones.

“En física moderna, el fotón (en griego φῶς phōs (gen. φωτός) 'luz', y -ón) es la partícula elemental responsable de las manifestaciones cuánticas del fenómeno electromagnético. Es la partícula portadora de todas las formas de radiación electromagnética, incluidos los rayos gamma, los rayos X, la luz ultravioleta, la luz visible, la luz infrarroja, las microondas y las ondas de radio”. (Vimal R., Pokorny, Smith, & Shevell, 1989).

“El fotón tiene una masa invariante cero y viaja en el vacío con una velocidad constante c . Como todos los cuantos, el fotón presenta tanto propiedades corpusculares como ondulatorias ("dualidad onda-corpúsculo)". (Vimal R., Pokorny, Smith, & Shevell, 1989).

“Se comporta como una onda en fenómenos como la refracción que tiene lugar en una lente, o en la cancelación por interferencia destructiva de ondas reflejadas; sin embargo, se comporta como una partícula cuando interactúa con la materia para transferir una cantidad fija de energía, que viene dada por la expresión.” (Vimal R., Pokorny, Smith, & Shevell, 1989).

$$E = \frac{hc}{\lambda} = h\nu$$

“Además de energía, los fotones llevan también asociado un momento lineal y tienen una polarización. Siguen las leyes de la mecánica cuántica, lo que significa que a menudo estas propiedades no tienen un valor bien definido para un fotón dado.

En su lugar se habla de las probabilidades de que tenga una cierta polarización, posición o momento lineal. Por ejemplo, aunque un fotón puede excitar una molécula, a menudo es imposible predecir cuál será la molécula excitada”. (Einstein, 1905).

Propiedades físicas. “El fotón no tiene masa, tampoco posee carga eléctrica y no se desintegra espontáneamente en el vacío. El fotón tiene dos estados posibles de polarización que pueden describirse mediante tres parámetros continuos: las componentes de su vector de onda, que determinan su longitud de onda y su dirección de propagación. El fotón es el bosón de gauge de la interacción electromagnética, y por tanto todos los otros números cuánticos —como el número leptónico, el número bariónico, o la extrañeza— son exactamente cero”. (Lewis, 1926).

Emisión: “Los fotones se emiten en muchos procesos naturales, por ejemplo, cuando se acelera una partícula con carga eléctrica, durante una transición molecular, atómica o nuclear a un nivel de energía más bajo, o cuando se aniquila una partícula con su antipartícula”. (Lewis, 1926).

Absorción: “Los fotones se absorben en los procesos de reversión temporal que se corresponden con los ya mencionados: por ejemplo, en la producción de pares partícula-antipartícula o en las transiciones moleculares, atómicas o nucleares a un nivel de energía más alto”. (Lewis, 1926).

Energía y movimiento: “En el espacio vacío, los fotones se mueven a la velocidad de la luz c , y su energía E y momento lineal p están relacionados mediante la expresión $E = cp$, donde p es el módulo del momento lineal. En comparación, la ecuación correspondiente a partículas con una masa m es $E^2 = c^2 p^2 + m^2 c^4$, como se demuestra en la relatividad especial”. (Lewis, 1926).

Voltaje.

“La tensión eléctrica o diferencia de potencial (también denominada voltaje) es una magnitud física que cuantifica la diferencia de potencial eléctrico entre dos puntos. También se puede definir como el trabajo por unidad de carga ejercido por el campo eléctrico sobre una partícula cargada para moverla entre dos posiciones determinadas. Se puede medir con un voltímetro, su unidad en el Sistema Internacional de Unidades (SI) es el voltio”. (Lévy, 2004).

“La tensión entre dos puntos A y B es independiente del camino recorrido por la carga y depende exclusivamente del potencial eléctrico de dichos puntos A y B en el campo eléctrico, que es un campo conservativo”. (Lévy, 2004).

“Si dos puntos que tienen una diferencia de potencial se unen mediante un conductor se producirá un flujo de electrones. Parte de la carga que crea el punto de mayor potencial se trasladará a través del conductor al punto de menor potencial y, en ausencia de una fuente externa (generador), esta corriente cesará cuando ambos puntos igualen su potencial eléctrico. Este traslado de cargas es lo que se conoce como corriente eléctrica”. (Lévy, 2004).

“Cuando se habla sobre una diferencia de potencial en un solo punto, o potencial, se refiere a la diferencia de potencial entre este punto y algún otro donde el potencial se defina como cero. En muchas ocasiones, se adopta como potencial nulo al de la tierra”. (Lévy, 2004).

Tensión en componentes pasivos. “La diferencia de potencial entre los terminales de un componente pasivo depende de las características del componente y de la intensidad de corriente eléctrica”. (Burbano de Ercilla & García Muñoz, 2010).

Tensión en una resistencia: Viene dada por la ley de Ohm:

$$V = I \cdot R$$

Tensión en una bobina: “Una bobina es un conductor o alambre enrollado en espiral. Las bobinas se emplean mayormente en corriente alterna, que es una corriente que cambia de magnitud con el tiempo, generándose una diferencia de potencial en sus terminales que resulta.” (Burbano de Ercilla & García Muñoz, 2010).

$$V = \frac{d\Phi_c}{dt} = \frac{dLi}{dt}$$

Si L es constante:

$$V = L \cdot \frac{di}{dt}$$

Tensión en un condensador: “Dos placas paralelas de un material conductor en un medio aislante eléctrico forman un condensador sencillo. La tensión en un condensador produce un flujo de electrones en donde en una placa queda un exceso de electrones y en la otra falta de ellos, por lo tanto, la ecuación típica es:” (Burbano de Ercilla & García Muñoz, 2010).

$$i = \frac{dq}{dt} = \frac{d(CV)}{dt}$$

Si C es constante:

$$i = C \cdot \frac{dV}{dt}$$

“De la cual se deduce la diferencia de tensión $V_b - V_a$. Suponiéndose $V_a = 0$ o tierra. La tensión en una de las placas paralelas sería.” (Burbano de Ercilla & García Muñoz, 2010).

$$V = \frac{1}{C} \cdot q = \frac{1}{C} \cdot \int_0^t i \cdot dt + \frac{q_0}{C}$$

Tensión eficaz. “La tensión eficaz o valor eficaz de la tensión es el valor medido por la mayoría de los voltímetros de corriente alterna. Equivale a una tensión constante que, aplicada sobre una misma resistencia eléctrica, consume la misma potencia eléctrica en un período, transformándose la energía eléctrica en energía térmica por efecto Joule. La energía consumida en un periodo de tiempo T por una resistencia eléctrica es igual a.” (Burbano de Ercilla & García Muñoz, 2010).

$$W = P \cdot T = I_{ef}^2 \cdot R \cdot T = \frac{1}{R} \cdot V_{ef}^2 \cdot T = \frac{1}{R} \cdot \int_0^T V^2(t) dt,$$

Deficiente sistema de iluminación pública.

“La iluminación es uno de los factores que se presentan en todos los ambientes de trabajo y que, por tanto, contribuyen a crear unas condiciones más o menos aptas para la realización de las tareas que se llevan a cabo. Una iluminación inadecuada es sinónimo de accidente ya que da lugar a los riesgos que a continuación se mencionan”: (Isastur, 2010).

Riesgos inmediatos asociados:

- Caídas al mismo nivel.
- Caídas a distinto nivel.
- Golpes contra objetos móviles.
- Golpes contra objetos inmóviles.

Riesgos relacionados con efectos fisiológicos.

Fatiga visual o deslumbramientos por iluminación deficiente: “En España, el Real Decreto 486 / 1997 establece las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo en lo que se refiere a niveles mínimos de iluminación”. (Isastur, 2010).

Cuadro 1. Niveles mínimos de iluminación establecidos por el Real Decreto español 486 / 1997.

Lugar de Trabajo	Nivel Mínimo de Iluminación (lux)
Zonas donde se ejecuten tareas con:	
Bajas exigencias visuales	100
Exigencias visuales moderadas	200
Exigencias visuales altas	500
Exigencias visuales muy altas	1000
Áreas o locales de uso ocasional	50
Áreas o locales de uso habitual	100
Vías de circulación de uso ocasional	25
Vías de circulación de uso habitual	50

Fuente: Isastur, 2010.

“La función más relevante de la iluminación en espacios de trabajo es apoyar la tarea del colaborador, por lo que este criterio debe prevalecer a la hora de elegir las soluciones. Un ejemplo muy simple del efecto perjudicial de la iluminación inadecuada es cuando las personas deben forzar la vista constantemente para ver pantallas o documentos. Esta situación afecta la salud y la productividad del trabajador, además de incidir en su estado de ánimo”. (Montero Soto, 2015).

Condiciones generales de seguridad referentes a la iluminación.

- Debe existir iluminación suficiente para circular por los lugares de trabajo y desarrollar las actividades sin riesgo para la seguridad y salud de los trabajadores. (Los niveles mínimos de iluminación se han indicado en el cuadro anterior).
- Deben existir sistemas de iluminación que no originen riesgos eléctricos, de incendio o explosión.
- Se debe emplear iluminación natural siempre que sea posible.
- Todos los lugares de trabajo o de tránsito tendrán iluminación natural, artificial o mixta apropiada a las operaciones que se ejecuten.
- Se intensificará la iluminación de máquinas peligrosas, zonas con riesgo de caídas, escaleras y salidas de emergencia.
- Se procurará que la intensidad luminosa en cada zona de trabajo sea uniforme, evitándose los reflejos y deslumbramientos al trabajador.
- Se realizará una limpieza periódica y se renovarán, en caso necesario, las superficies iluminantes para asegurar su constante transparencia. (Montero Soto, 2015).

Iluminación artificial.

- “En las zonas de trabajo que carezcan de iluminación natural, ésta sea insuficiente o se proyecten sombras que dificultan las operaciones laborales, se empleará iluminación artificial”.
- Cuando la índole del trabajo exija una iluminación intensa en un lugar determinado, se combinará la iluminación general con otra complementaria.
- Se evitarán los contrastes fuertes de luz y sombras para poder apreciar los objetos en sus tres dimensiones.
- Se deben evitar los deslumbramientos.

- Los reflejos o imágenes de las fuentes luminosas en las superficies brillantes serán evitados pintándose las máquinas de colores mates.
- La iluminación artificial deberá ofrecer garantías de seguridad, no viciar la atmósfera del local ni presentar ningún peligro de incendio o explosión.
- “En los locales con riesgo de explosión por el tipo de sus actividades, sustancias almacenadas o ambientes peligrosos, la iluminación será antideflagrante”. (Montero Soto, 2015).

Iluminación de emergencia.

- “En todos los centros de trabajo se dispondrá de medios de iluminación de emergencia adecuados a las dimensiones de los locales y número de trabajadores ocupados simultáneamente”.
- “Dicha iluminación será capaz de mantener, al menos durante una hora, una intensidad de 5 lux, y su fuente de energía será independiente del sistema normal de iluminación”. (Montero Soto, 2015).

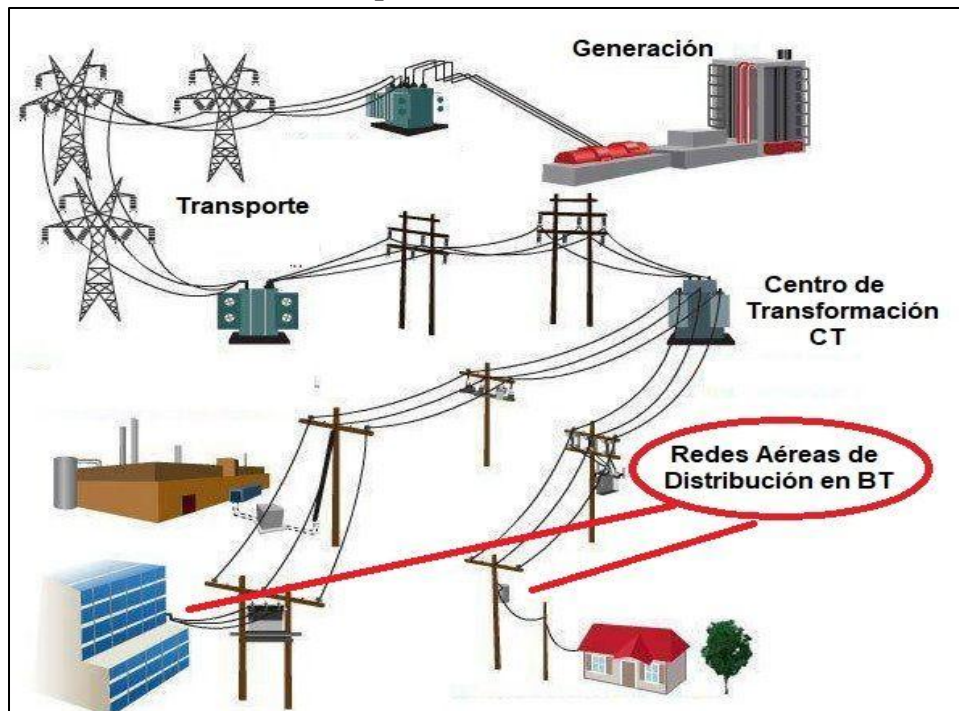
Sistemas eléctricos de red de distribución convencional.

“Una red de distribución en Baja Tensión (BT) es aquella que se inicia en el cuadro de baja tensión de un centro de transformación (CT) y cuya misión es llevar la energía eléctrica desde el CT hasta los usuarios finales mediante las acometidas”. (Tecnología, 2011).

“La red de distribución iría desde el centro de transformación hasta las acometidas que unen al usuario final. Son aquellas líneas que realizan funciones de distribución eléctrica, cuya tensión nominal entre fases es inferior a 1,000 V y se ejecutan en el exterior discurriéndose a cierta altura desde el suelo”. (Tecnología, 2011).

“Su origen está en los centros de transformación, donde se ubican los fusibles y otros elementos que las protegen. El final sería la acometida que lleva la energía eléctrica al usuario. La tensión entre las fases de las líneas aéreas de distribución en BT son de 400V y de 230V entre fase y neutro”. (Tecnología, 2011).

Ilustración 4. Croquis de la red de distribución en BT.



Fuente: Tecnología, 2011.

Tipos de redes aéreas de distribución en BT. Se clasifican en función de cómo van colocados los conductores.

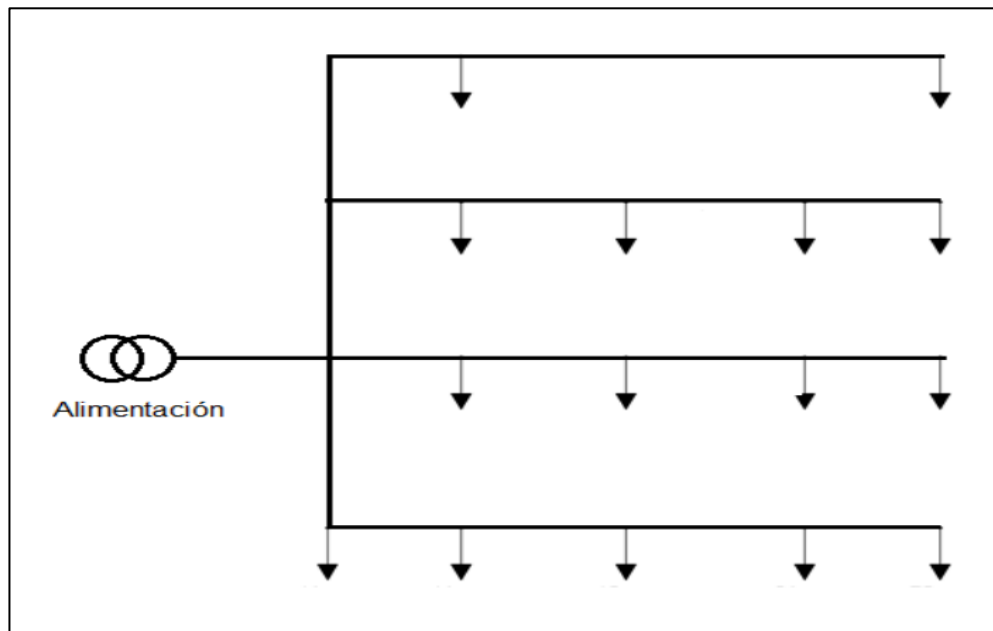
- **Red posada:** Instalaciones realizadas con cables trenzados en un haz y posadas sobre las fachadas o muros.
- **Red tensada:** Instalaciones realizadas con cables trenzados en un haz y tensados sobre apoyos.

Topología de las redes de baja tensión. “En cuanto a la topología de las redes de distribución en baja tensión las distribuciones más frecuentes son las siguientes:” (Mendoza Ramírez, 2012).

Distribución radial: “Este tipo de distribución se alimenta desde uno solo de sus extremos desde la red de media tensión a través de un centro de transformación, que transmite la energía en forma radial. Puede existir inyección de generación renovable en otros puntos de la red aguas abajo”. (Mendoza Ramírez, 2012)

“La ventaja de esta topología radica en que es el método de explotación más económico y el más simple desde el punto de vista del diseño, la planificación y la protección. Su principal inconveniente es que no garantiza un servicio continuo porque al tener una única alimentación si ésta falla, los consumidores aguas abajo quedarían desconectados y por consiguiente sin suministro”. (Mendoza Ramírez, 2012).

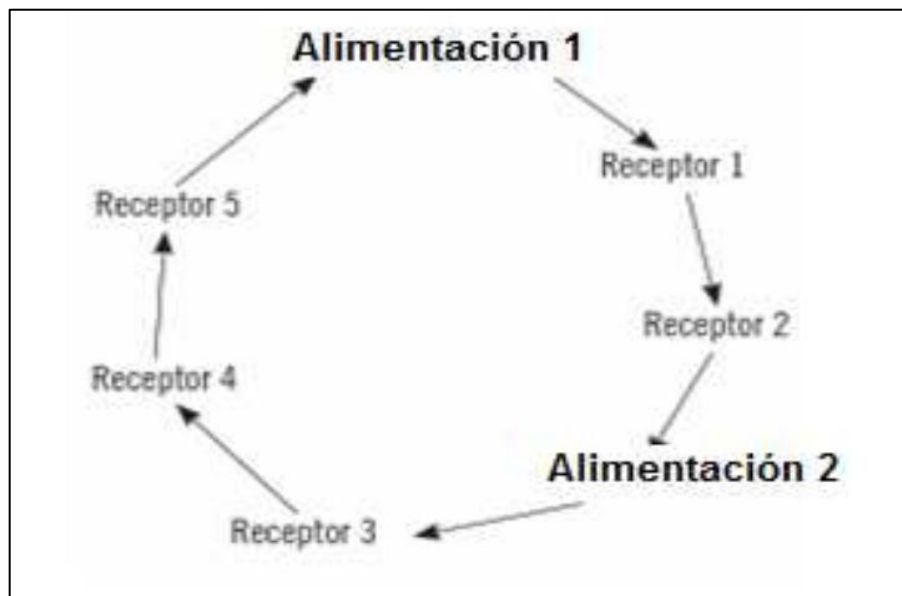
Ilustración 5. Red con distribución radial.



Fuente: Mendoza Ramírez, 2012.

Distribución en anillo: “Se caracteriza por estar alimentada desde dos de sus extremos, al estar los receptores intercalados entre estos, formándose un anillo cerrado. Esta tipología ofrece mayor continuidad del servicio al poder alimentar a los receptores desde puntos distintos, facilitándose además el mantenimiento de la red. Es una red más compleja que la radial tanto a nivel constructivo como a la hora de planificar las protecciones del sistema”. (Mendoza Ramírez, 2012).

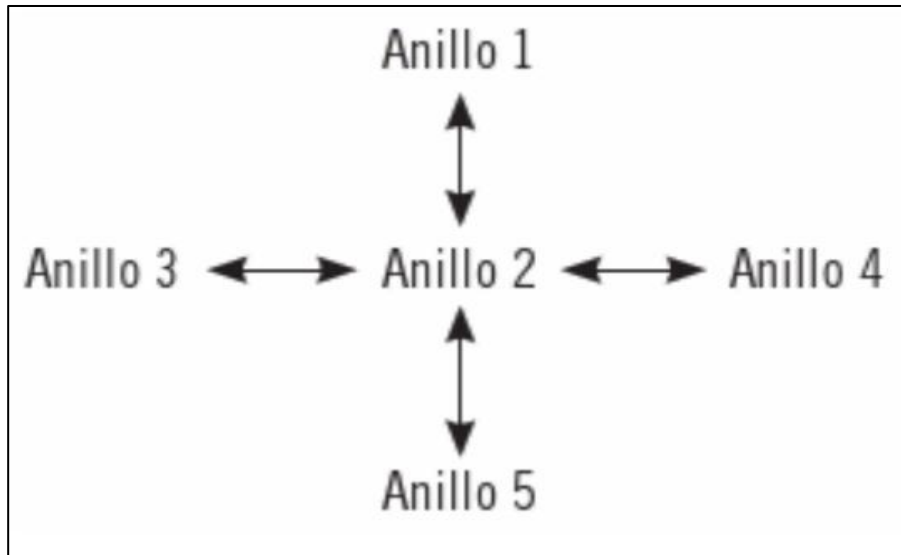
Ilustración 6. Red con distribución en anillo.



Fuente: Mendoza Ramírez, 2012.

Distribución mallada: “En este tipo de distribución se combinan redes en anillo interconectadas en forma radial. Estas redes aseguran totalmente el servicio a los receptores, lo que da mayor flexibilidad de alimentación a la red y facilita enormemente su mantenimiento. Suelen ser redes de gran complejidad en las cuales la potencia de cortocircuito aumenta con rapidez”. (Mendoza Ramírez, 2012).

Ilustración 7. Red con distribución mallada.



Fuente: Mendoza Ramírez, 2012.

Clasificación de las cargas: Las cargas de electrificación se pueden clasificar en tres grandes grupos que son:

- Residencial.
- Comercial.
- Industrial.

Dentro de los sistemas de distribución existen varios aparatos que se encargan de los procesos de maniobra, protección y corte de la energía. Cada uno de ellos tiene funciones específicas que nos permiten controlar los sistemas ya sea de potencia o iluminación en las casas, comercios u oficinas.

Seccionadores e interruptores: Estos son aparatos que nos permiten realizar cortes y conexiones de la intensidad que pasan por el circuito. La diferencia entre cada uno de ellos radica en que los seccionadores cortan la intensidad de forma mecánica,

mientras que los interruptores realizan el corte de manera automática, cuando detectan que esta ha sobrepasado el rango nominal al cual están diseñados.

Dentro de las características principales de estos destacan:

- Poder de ruptura u de conexión
- Corriente de corta duración
- Intensidad límite térmica y dinámica

Energía eléctrica solar fotovoltaica.

“La energía solar fotovoltaica es una fuente de energía que produce electricidad de origen renovable, obtenida directamente a partir de la radiación solar mediante un dispositivo semiconductor denominado célula fotovoltaica, o bien mediante una deposición de metales sobre un sustrato denominada célula solar de película fina”. (Pearce, 2002).

“Este tipo de energía se usa principalmente para producir electricidad a gran escala a través de redes de distribución, aunque también permite alimentar innumerables aplicaciones y aparatos autónomos, así como abastecer refugios de montaña o viviendas aisladas de la red eléctrica. Debido a la creciente demanda de energías renovables, la fabricación de células solares e instalaciones fotovoltaicas ha avanzado considerablemente en los últimos años”. (Palz, 2013).

“La energía fotovoltaica no emite ningún tipo de polución durante su funcionamiento, lo que contribuye a evitar la emisión de gases de efecto invernadero. Su principal desventaja consiste en que su producción depende de la radiación solar, por lo que si la célula no se encuentra alineada perpendicularmente al Sol se pierde entre un 10-25% de la energía incidente. Debido a ello, en las

plantas de conexión a red se ha popularizado el uso de seguidores solares para maximizar la producción de energía”. (Palz, 2013).

Generación energética solar fotovoltaica. “La energía solar fotovoltaica es una fuente de energía limpia y renovable que utiliza la radiación solar para producir electricidad. Se basa en el llamado efecto fotoeléctrico, por el cual determinados materiales son capaces de absorber fotones (partículas lumínicas) y liberar electrones, lo que genera una corriente eléctrica”. (Lorenzo , Moretón, & Zillez, 2008).

“Para ello, se emplea un dispositivo semiconductor denominado celda o célula fotovoltaica, que puede ser de silicio monocristalino, policristalino o amorfo, o bien otros materiales semiconductores de capa fina. Las de silicio monocristalino se obtienen a partir de un único cristal de silicio puro y alcanzan la máxima eficiencia, entre un 18% y un 20% de media”. (Lorenzo , Moretón, & Zillez, 2008).

“Las de silicio policristalino se elaboran en bloque a partir de varios cristales, por lo que resultan más baratas y poseen una eficiencia media de entre el 16% y el 17,5%. Por último, las de silicio amorfo presentan una red cristalina desordenada, lo que conlleva peores prestaciones (eficiencia media de entre un 8% y un 9%) pero también un precio menor”. (Lorenzo , Moretón, & Zillez, 2008).

Tipos de plantas fotovoltaicas. “Hay dos tipos de plantas fotovoltaicas: las que están conectadas a la red y las que no. Dentro de las primeras existen, a su vez, otras dos clases:” (Castañer & Markvart, 2003).

- **Generador con autoconsumo:** parte de la electricidad generada es consumida por el propio productor (en una vivienda, por ejemplo) y el resto se vierte a la red. Al mismo tiempo, el productor toma de la red la energía

necesaria para cubrir su demanda cuando la unidad no le suministra la suficiente.

- **Central fotovoltaica:** toda la energía producida por los paneles se vierte a la red eléctrica.

Estas instalaciones con conexión a la red cuentan con tres elementos básicos:

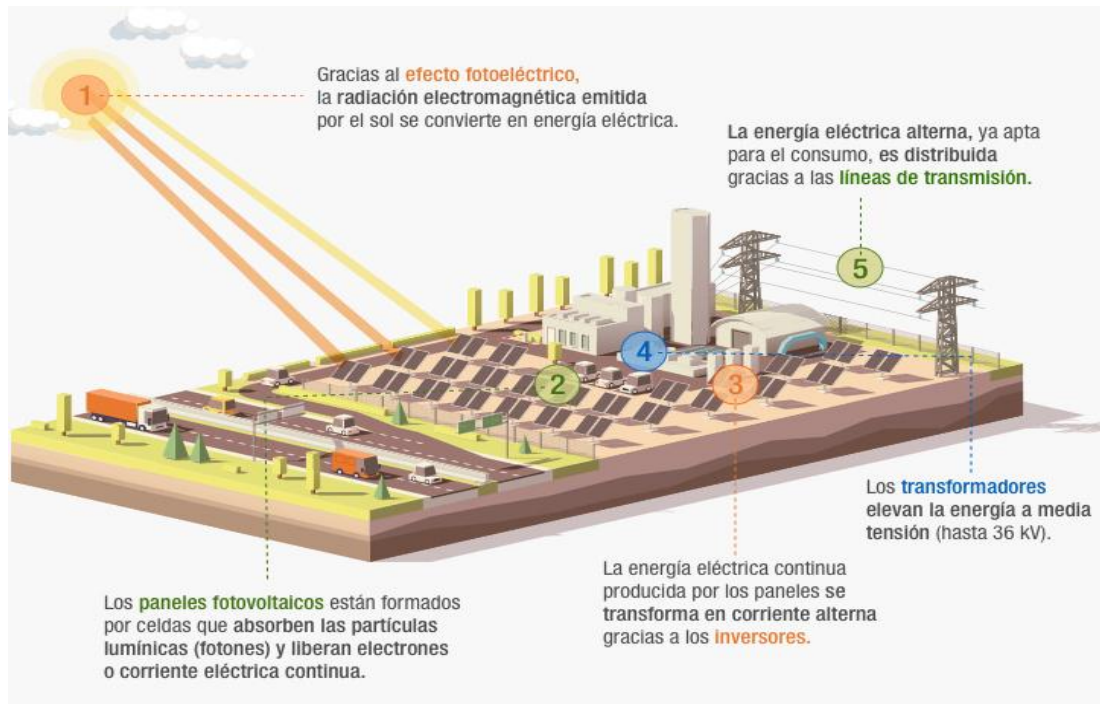
- **Paneles fotovoltaicos:** se trata de grupos de celdas fotovoltaicas montadas entre capas de silicio que captan la radiación solar y transforman la luz (fotones) en energía eléctrica (electrones).
- **Inversores:** convierten la corriente eléctrica continua que producen los paneles en corriente alterna, apta para el consumo.
- **Transformadores:** la corriente alterna generada por los inversores es de baja tensión (380-800 V), por lo que se utiliza un transformador para elevarla a media tensión (hasta 36 kV). (Castañer & Markvart, 2003).

“Por su parte, las instalaciones no conectadas a la red operan *en isla* y suelen encontrarse en lugares remotos y explotaciones agrícolas para satisfacer demandas de iluminación, servir de apoyo a las telecomunicaciones y bombear los sistemas de riego. Estas plantas aisladas requieren dos elementos adicionales para funcionar.” (Castañer & Markvart, 2003).

- **Baterías:** encargadas de almacenar la energía producida por los paneles y no demandada en ese instante para cuando sea necesario.

- **Reguladores:** protegen la batería contra sobrecargas y previenen un uso ineficiente de la misma.

Ilustración 8. Funcionamiento de una planta fotovoltaica.



Fuente: Lorenzo, Moretón, & Zillez, 2008.

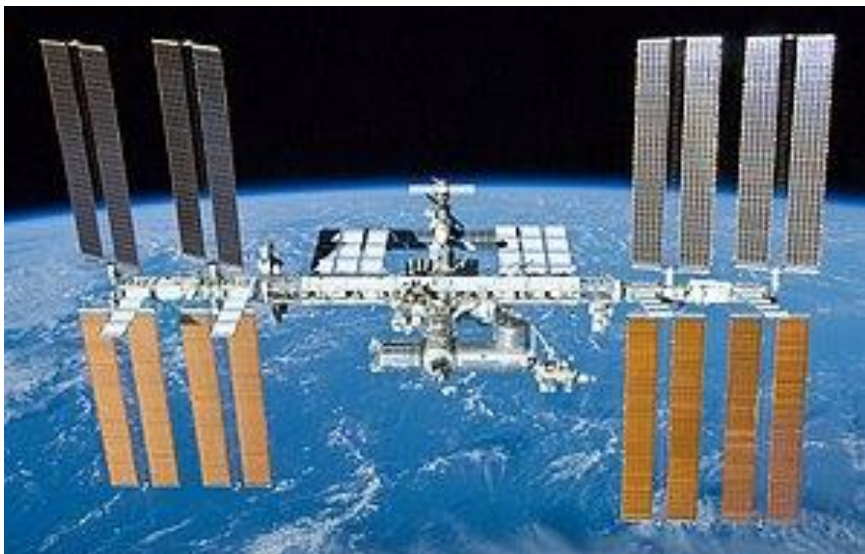
Técnicas de implementación de sistema de energía eléctrica solar fotovoltaica.

“Los sistemas fotovoltaicos se los ha clasificado por su tipo de conexión en:” (Diaz & Carmona, 2010).

1. Instalaciones autónomas. “Capaz de producir energía para satisfacer el consumo de cargas eléctricas en lugares de difícil acceso o que por su ubicación no es factible su interconexión a una red pública, los campos de utilización tienen dos grupos”. (Diaz & Carmona, 2010).

Aplicaciones espaciales: “Los sistemas fotovoltaicos provistos de paneles solares ubicados en el fuselaje de los satélites y estaciones espaciales que orbitan la Tierra, proporcionan de energía eléctrica a todo el equipo y maquinas existentes. La necesidad de una fuente de energía en el espacio fomento el desarrollo de los sistemas fotovoltaicos”. (Diaz & Carmona, 2010).

Ilustración 9. Estación espacial internacional.



Fuente: Internacional Energía, 2007.

Aplicaciones terrestres: “Las aplicaciones de esta tecnología es para lugares distantes a los centros poblados, tales como:” (Castejon & Santamaria, 2012).

- **Telecomunicaciones:** es la fuente de suministro de energía para servicio de telefonía pública y sistemas troncalizados, a la vez que da autonomía a los bancos de baterías existentes en repetidoras de telefonía móvil.
- **Electrificación de zonas rurales y aisladas:** en este tipo de aplicación los centros poblados están a distancias de algunas decenas de kilómetros y en las

zonas aisladas el ingreso a estas zonas se las realiza de forma fluvial y/o aérea.

- **Señalización:** se aplica a señales de tráfico luminosas, formadas por luminarias LED's que hacen uso de un panel solar y una batería para su autonomía.
- **Alumbrado público:** en donde el acceso de la red eléctrica pública se encuentra a una distancia considerable y la implementación de extensiones de red implican un costo elevado.

Ilustración 10. Luminarias públicas con paneles solares en Guatemala.



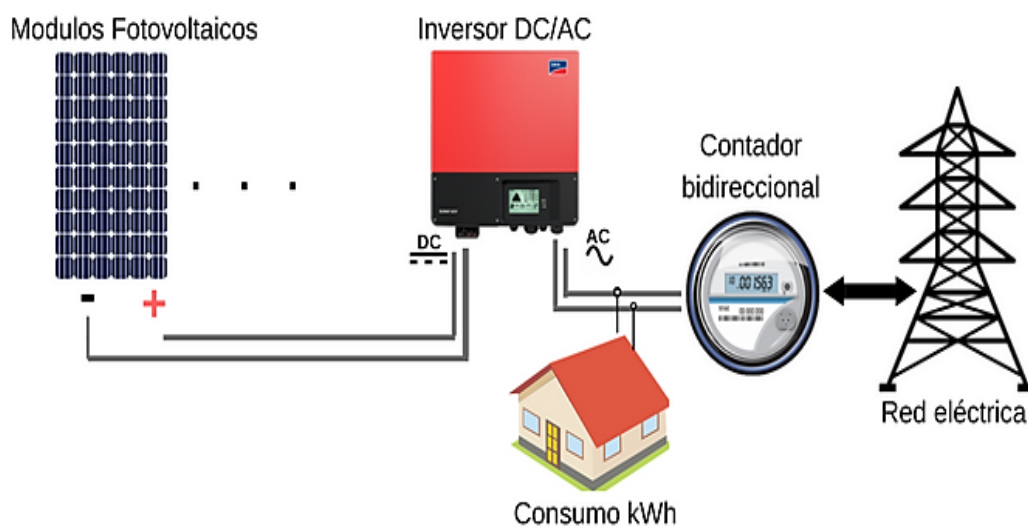
Fuente: Prensa Libre, 2018.

- **Bombeo de Agua:** se utiliza como fuente de energía eléctrica capaz de poner en movimiento los motores de bombas de agua.

- **Redes VSAT (Very Small Aperture Terminal):** la energía solar se usa para alimentar las estaciones de la red.
- **Telemetría:** en estaciones meteorológicas ubicadas en lugares remotos como montañas, islas, bosques; la utilización de la energía eléctrica generada por los paneles solares alimentan pequeños ordenadores que recopilan información de parámetros meteorológicos. (Castejon & Santamaria, 2012).

2. Instalaciones conectadas a red. “En estas instalaciones, la producción de energía solar no es utilizada directamente, esta es vendida a la dependencia de gobierno encargada de la distribución y comercialización de electricidad y energías renovables. Tiene la ventaja que la producción de electricidad se realiza en el periodo de tiempo en el que la curva de demanda aumenta, es decir, durante el día. En estas condiciones se da una simultaneidad de generación y consumo de la energía generada, las instalaciones se clasifican de la siguiente forma”. (Barragan, 2014).

Ilustración 11. Esquema de un sistema fotovoltaico conectado a red.



Fuente: Marín E., 2018.

Centrales fotovoltaicas: “Recinto con un número elevado de paneles solares que interactúan para obtener a la salida una potencia acumulada, la cual será inyectada a un sistema interconectado de una ciudad o país con fines netamente comerciales entre el propietario de la central y la empresa encargada de la distribución y comercialización eléctrica local”. (Barragan, 2014).

Edificios fotovoltaicos: “La optimización y eficiencia en la generación fotovoltaica se ha incorporado en las formas de construcción y fachada de edificios, ejemplo de esto es la incorporación de paneles solares como recubrimiento de paredes y techos de edificios y viviendas de uso general. Una vez instalados los paneles la generación fotovoltaica se la aprovecha de igual forma que en las centrales fotovoltaicas con la diferencia que es un sistema menos eficiente debido al movimiento de rotación de la Tierra el cual se ve reflejado en la producción de sombras a determinadas horas del día”. (Barragan, 2014).

Ilustración 12. Edificio del AMM en Guatemala.



Fuente: Revista construir, 2018.

Diseño de un sistema de iluminación con energía fotovoltaica.

“Los tipos de luminarias y métodos de iluminación utilizados en sistemas fotovoltaicos autónomos serán el punto de partida para el dimensionamiento y posterior implementación del sistema más eficiente que cumplan con las normas técnicas vigentes para iluminación exterior”. (Carrasco, 2012).

“El dimensionamiento de un sistema de iluminación basa su análisis en las condiciones existentes, para posteriormente proyectar los niveles de luminancias que se desee sobre una superficie específica”. (Carrasco, 2012).

Elección del tipo de luminaria. “Varios son los parámetros y consideraciones que se deben tomar en consideración para la justificación y posterior utilización de un determinado tipo y/o modelo de luminarias LED. El uso de estas luminarias conlleva el conocimiento de sus diferentes longitudes de onda y potencial que debe ser aplicar a cada uno de los chips que conforman una luminaria y obtener un determinado color de luz. Otro punto a tomar en cuenta es la selección del color de la luz más adecuado para lograr una buena iluminación sobre las superficies”. (Pareja, 2010).

Diseño del sistema de control autónomo. “Debido a la naturaleza de las cargas a ser alimentadas el circuito de control debe ser del tipo encendido/apagado (Control ON/OFF), con la particularidad que pueden ser activados en cualquier instante del día. Este se lo consigue mediante la utilización de un reloj o temporizador incorporado al mismo controlador, como se puede apreciar en el diagrama eléctrico de un controlador de iluminación de accionamiento solar”. (Pareja, 2010).

Dimensionamiento del sistema fotovoltaico. “Dado que la energía producida por un módulo fotovoltaico se calcula a partir de la irradiación solar o energía solar incidente, es posible definir diferentes capacidades del módulo para diferentes

períodos temporales. Por ejemplo, si están disponibles las medias mensuales de radiación es posible calcular las respectivas capacidades mensuales de este. Es también muy común recurrir al denominado “mes peor”, que es aquel con la peor relación de radiación incidente”. (Pareja, 2010).

Selección del panel fotovoltaico. “Se puede suponer que un panel de 20 W cubriría cómodamente la demanda de potencia que requiere el sistema, esto no es del todo cierto ya que para el caso de dimensionamiento de paneles solares se debe considerar la energía que consume el sistema y la energía que es capaz de generar un panel solar por cada día tomándose en cuenta las horas efectivas de Sol”. (Pareja, 2010).

Marco legal para el uso de energías renovables en Guatemala.

El Marco Institucional del sub-sector eléctrico está conformado por tres entidades descritas en la Ley General de Electricidad, éstas son:

La entidad encargada de elaborar políticas y planes indicativos es el Ministerio de Energía y Minas, (ente rector), la Comisión Nacional de Energía Eléctrica (ente regulador), el operador del Sistema Nacional Interconectado –SNI- y administrador de transacciones es el Administrador del Mercado Mayorista, y los participantes del Mercado Mayorista son los Generadores, Transportistas, Distribuidores, Grandes Usuarios y Comercializadores. (CNEE, 2017).

Ministerio de Energía y Minas (MEM).

Según la Comisión Nacional de Energía Eléctrica, “El Ministerio de Energía y Minas es el órgano del Estado que tiene la responsabilidad de formular y coordinar las políticas y planes del Estado, programas indicativos relativos al subsector

eléctrico y aplicar la Ley General de Electricidad y su reglamento para dar cumplimiento a cada una de sus obligaciones”. (CNEE, 2015).

Comisión Nacional de Energía Eléctrica (CNEE).

“Es un organismo técnico del Ministerio de Energía y Minas, con independencia funcional, encargado de formular, implantar y fiscalizar el marco regulatorio y normativo que definen las reglas del juego del sub-sector eléctrico y la actuación de los agentes económicos que intervienen en el mismo”. (BONS, 2015).

“Es el encargado de la determinación de los precios y calidad de la prestación de los servicios de transporte y distribución de electricidad sujetos a autorización, y controlar y asegurar las condiciones de competencia en el Mercado Mayorista”. (BONS, 2015).

“Por otro lado, la comisión en mención define las tarifas de transmisión y distribución sujetas a regulación, así como la metodología para el cálculo de las mismas. En el caso de controversias, actúa como árbitro entre las partes cuando no hayan llegado a un acuerdo, protege los derechos de los usuarios y previene conductas en contra de la libre empresa, así como prácticas abusivas o discriminatorias”. (BONS, 2015).

Administrador de Mercado Mayorista (AMM).

El Administrador del Mercado Mayorista “Es una entidad privada sin fines de lucro, que coordina las transacciones entre los participantes del mercado mayorista de electricidad. Vela por el mantenimiento de la calidad y la seguridad del suministro de energía eléctrica en Guatemala”. (BONS, 2015).

Instituto Nacional de Electrificación (INDE).

El Instituto Nacional de Electrificación INDE, fue creado el 27 de mayo de 1959, mediante el Decreto Ley 1287. Actualmente el INDE está regido por su Ley Orgánica, Decreto 64-94, la cual establece que es una entidad estatal autónoma y autofinanciable, que goza de autonomía funcional, patrimonio propio, personalidad jurídica y plena capacidad para adquirir derechos y contraer obligaciones en materia de su competencia. (INDE, 2013).

Ley general de electricidad.

Es el máximo documento legal que rige el subsector eléctrico en Guatemala. Dicha ley fue implementada para desarrollar y asegurar el sistema eléctrico de Guatemala.

(BONS, 2015), indica que “La Ley General de Electricidad (Decreto No. 93-96) y su reglamento (Acuerdo Gubernativo No. 256-97) norman el desarrollo del conjunto de actividades de generación, transporte, distribución y comercialización de electricidad, de acuerdo a principios y enunciados que son aplicables a todas las personas individuales o jurídicas, con participación privada, mixta o estatal”.

Norma Técnica de Generación Distribuida Renovable (NTGDR).

La Comisión Nacional de Energía Eléctrica (CNNE) emitió la, Resolución CNEE-227-2014, Norma Técnica de Generación Distribuida Renovable (NTGDR) en la que autoriza a los Usuarios Autoproductores con Excedentes de Energía para inyectar energía eléctrica al sistema eléctrico, tanto para ser un Generador (vendedor), o un Usuario Autoprodutor de energía eléctrica.

Esta norma, contiene lineamientos que debe cumplir un Usuario Autoprodutor con Excedente de Energía (UAEE), que en dicha normativa, tiene relación con la Generación Distribuida Renovable (GDR), tanto en su inscripción, conexión, mantenimiento aunque no en su forma de remuneración.

Generación Distribuida Renovable (GDR).

Es la modalidad de generación de electricidad, producida por unidades de tecnologías de generación con recursos renovables, que se conectan a instalaciones de distribución cuyo aporte de potencia neto es inferior o igual a cinco megavatios (5 MW). (Resolución CNEE-171-2008 y CNEE-227-2014).

Usuarios Autoprodutores con Excedentes de Energía UAEE (Autoprodutor).

Un Usuario Autoprodutor con Excedentes de Energía “es el Usuario del Sistema de Distribución que inyecta energía eléctrica a dicho sistema, producida por generación con fuentes de energía renovable, ubicada dentro de sus instalaciones de consumo, y que no recibe remuneración por dichos excedentes”. (CNEE-227-2014).

La Ley General de Electricidad (LGE), en su capítulo III y artículo 6 “definiciones” (s.f.), indica que un Autoprodutor “es la persona, individual o jurídica, titular o poseedora de una central de generación de energía eléctrica, cuya producción destina exclusivamente a su propio consumo”. (p.3)

La Norma Técnica de Generación Distribuida Renovable y Usuarios Autoprodutores con Excedentes de Energía (Resolución CNEE-171-2008 y CNEE-227-2014), en su Título IV y Capítulo IV, indica:

Autorización UAEE.

Según el artículo 36, de la Norma Técnica de Generación Distribuida Renovable y Usuarios Autoprodutores con Excedentes de Energía, “se establece la autorización para los usuarios que cuenten, dentro de sus instalaciones de consumo, con excedentes de energía renovable para inyectarla al Sistema de Distribución, pero que manifiesten expresamente que no desean participar como vendedores de energía eléctrica, deberán informar al Distribuidor involucrado de tal situación, por medio

del formulario correspondiente. Al cumplir dicho requisito, podrán operar en esta modalidad”. (CNEE-227-2014).

“Los usuarios no requerirán de autorización alguna; sin embargo, deberán instalar los medios de protección, control y desconexión automática apropiados que garanticen que no podrán inyectar energía eléctrica al Sistema de Distribución ante fallas de éste o cuando el voltaje de la red de distribución se encuentre fuera de las tolerancias establecidas en la Norma antes mencionada”. (CNEE-227-2014).

Inspección técnica por distribuidora.

El artículo 37, describe el plazo para inspección técnica. “El Distribuidor, luego de recibida la notificación por parte del interesado, tendrá un plazo de quince (15) días para realizar una inspección técnica a las instalaciones del Usuario Autoproducer con excedentes de energía, con el fin de verificar que cumple con lo requerido en la Norma.

Si los resultados de la inspección son positivos, el Distribuidor emitirá una constancia al interesado donde conste que las instalaciones han sido revisadas, y procederá a la instalación –cuando corresponda- del medidor correspondiente, en un plazo no mayor a 28 días de recibida la notificación por parte del interesado”. (CNEE-227-2014).

Para el efecto la Comisión Nacional de Energía Eléctrica ha creado una constancia de inspección técnica donde El (los) representante(s) del Distribuidor y el (los) representante(s) del UAEE dejan constancia que se ha realizado la inspección técnica en las instalaciones del nuevo UAEE.

Informe de nuevos UAEE.

El artículo 38 describe el informe de nuevos Usuarios Autoproductores con excedentes de Energía Eléctrica. “El Distribuidor deberá informar a la Comisión Nacional de Energía Eléctrica trimestralmente los nuevos Usuarios Autoproductores con excedentes de energía conectados a su red, de conformidad con el formulario habilitado por la Comisión en su sitio web”. (CNEE-227-2014).

Sistema de medición, lectura y créditos de energía para UAEE (Net metering).

El sistema de medición para Usuarios Autoproductores con Excedentes de Energía se encuentra establecido en el artículo 39, el cual indica que “deberá tener la característica de medición, registro y lectura en forma bidireccional. En el caso de Usuarios regulados, el suministro e instalación del medidor respectivo lo cubrirá el Distribuidor; mientras que los Grandes Usuarios son responsables de su sistema de medición”. (CNEE-227-2014).

El artículo 40 determina la lectura y crédito por energía inyectada al Sistema de Distribución. “Los Usuarios Autoproductores con Excedentes de Energía no recibirán ningún tipo de pago por la energía eléctrica inyectada al Sistema de Distribución.

Para efectos de la facturación mensual del Usuario, el Distribuidor leerá cada mes los registros del medidor correspondiente; si la medición neta del mes corresponde a un consumo de energía, cobrará dicho consumo al Usuario, de conformidad con la tarifa que le corresponda; por el contrario, si la medición neta corresponde a una inyección de energía del Usuario hacia el Sistema de Distribución, el Distribuidor se la reconocerá como crédito de energía a favor del Usuario hasta que dicho crédito sea agotado contra el consumo del UAEE; no obstante, el Distribuidor cobrará el Cargo Fijo, Cargos por Potencia que le sean aplicables a cada Usuario, según la

tarifa correspondiente y el alumbrado público según tarifa impuesta por la municipalidad.

Regulaciones relacionadas con energía renovable: (Castellanos, 2014).

- “Decreto 52-2003: Ley de Incentivos para el Desarrollo de Proyectos de Energía Renovable”.
- Acuerdo Gubernativo 211-2005: Reglamento de la ley anterior.
- Declara de urgencia e interés nacional el desarrollo racional de los recursos energéticos renovables.
- Ofrece incentivos económicos como exención de derechos arancelarios para importación de maquinaria y equipo para energías renovables y exención de 10 años del ISR y del IEMA.

Políticas relacionadas con energía renovable.

“Los últimos 3 gobiernos han expresado su interés en promover las energías renovables:” (Castellanos, 2014).

- A finales del gobierno de Oscar Berger en octubre de 2007 se emitió el documento “Lineamientos de Política Energética 2008-2015” cuyo segundo lineamiento requería “Diversificar la matriz energética del país, para priorizar las energías renovables”.
- En el gobierno de Álvaro Colom en 2008, la CNEE presentó los Planes de Expansión de los sistemas eléctricos, de generación y transporte donde se

habla de diversificar la matriz energética y reducir la huella de carbono del sector energético, al enfatizar las hidroeléctricas. (Castellanos, 2014).

Política energética actual.

- La Política Energética del gobierno actual está definida para el período 2013-2027.
- Cuando describe su marco legal y político NO menciona el decreto 52-2003 sobre incentivo de energías renovables.
- En los títulos de los 5 ejes de política no se hace referencia a energías renovables.
- “En el primer eje sobre seguridad del abastecimiento de electricidad si presenta como primer objetivo operativo “Diversificar la matriz de generación de energía eléctrica mediante la priorización de fuentes renovables” que pone una meta de largo plazo, el generar 80% de la energía eléctrica con fuentes renovables”. (Castellanos, 2014).

III. COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS

Para la comprobación de la hipótesis la cual es “El incremento de incidentes y accidentes personales en el corredor central de la Sede Central Zona 11 Universidad Rural de Guatemala, Guatemala, en los últimos 5 años; por deficiente sistema de iluminación, es debido a la inexistencia de plan de mejora mediante generación de energía eléctrica solar fotovoltaica”, se identificaron 2 poblaciones a encuestar; para lo cual se utilizó el método deductivo, de las cuales una población (personal administrativo, estudiantes y visitantes de la Sede Central Zona 11) se direccionó a obtener información sobre el efecto. Se trabajó la técnica del muestreo por medio de la población infinita cualitativa, con el 90% del nivel de confianza y el 9.5% de error.

La segunda población de estudio (profesionales de los siguientes departamentos: Sede Central; Bufete; Programa de graduación; Laboratorios y Académico) se direccionó a obtener información sobre la causa de la problemática. Se trabajó la técnica censal, con el 100% del nivel de confianza y el 0% de error.

Para responder efecto, se trabajó con 75 personas que hacen uso de las instalaciones; para responder causa, se identificaron a 5 profesionales a cargo de los departamentos académicos de la Sede Central zona 11.

De la gráfica uno a la cinco se comprueba la variable Y o efecto principal; mientras que de la gráfica seis a la diez, se comprueba la variable X o causa.

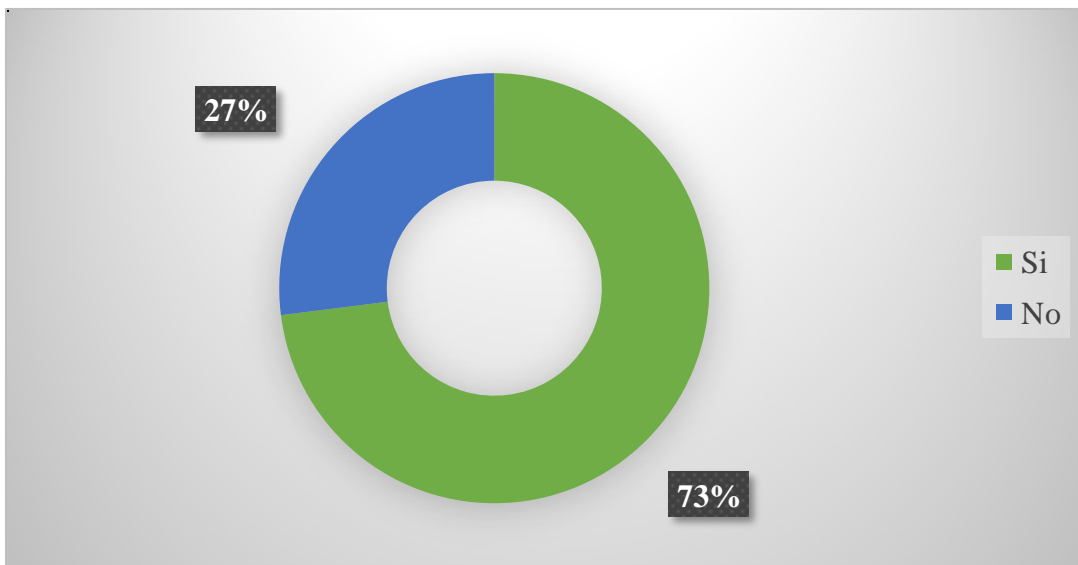
III.1 Cuadros y gráficas para la comprobación de la variable dependiente (Y) o el efecto.

Cuadro 2: Incidentes y accidentes personales en el corredor central de la Sede Central Zona 11 de la Universidad Rural de Guatemala.

Respuestas	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Sí	55	73
No	20	27
Totales	75	100

Fuente: Usuarios de las instalaciones encuestados, agosto 2020.

Gráfica 1: Incidentes y accidentes personales en el corredor central de la Sede Central Zona 11 de la Universidad Rural de Guatemala.



Fuente: Usuarios de las instalaciones encuestados, agosto 2020.

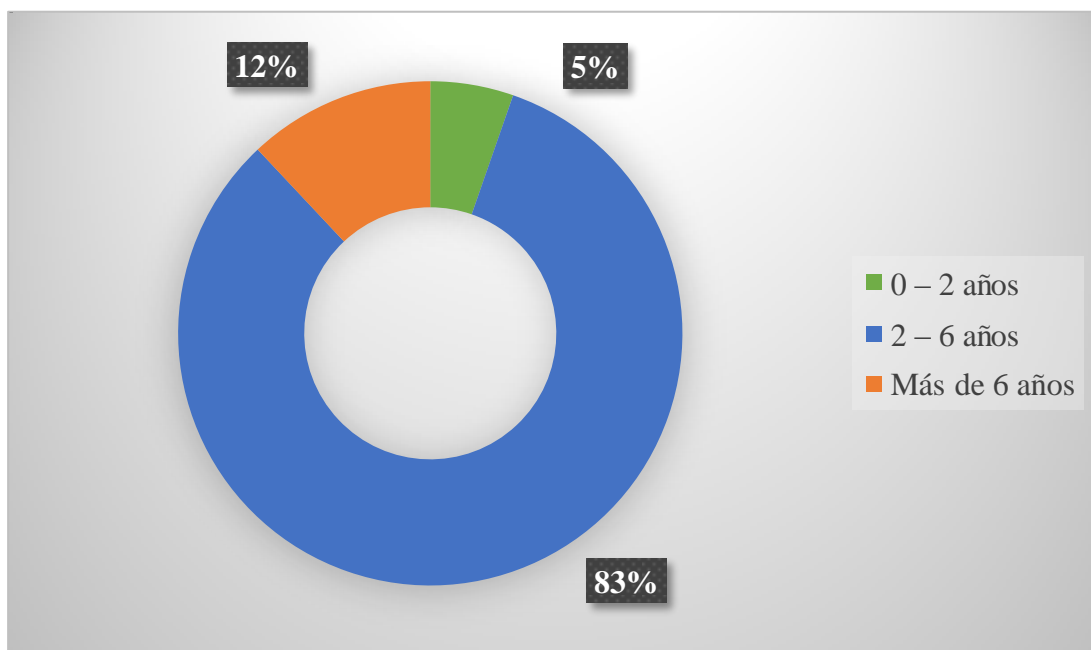
Análisis: El efecto se confirma mediante la opinión de la mayoría de los encuestados, al indicar que, si han sufrido más de un incidente y/o accidente personal en el corredor central de la Sede Central Zona 11 por ciertos motivos, pero principalmente por la mala visibilidad. Mientras que la minoría de ellos, indica no haber tenido ninguna situación adversa.

Cuadro 3: Tiempo del incremento de incidentes y accidentes personales en el corredor central de la Sede Central de Universidad Rural de Guatemala.

Respuestas	Valor absoluto	Valor relativo (%)
0 – 2 años	4	5
2 – 6 años	62	83
Más de 6 años	9	12
Totales	75	100

Fuente: Usuarios de las instalaciones encuestadas, agosto 2020.

Gráfica 2: Tiempo del incremento de incidentes y accidentes personales en el corredor central de la Sede Central de Universidad Rural de Guatemala.



Fuente: Usuarios de las instalaciones encuestados, agosto 2020.

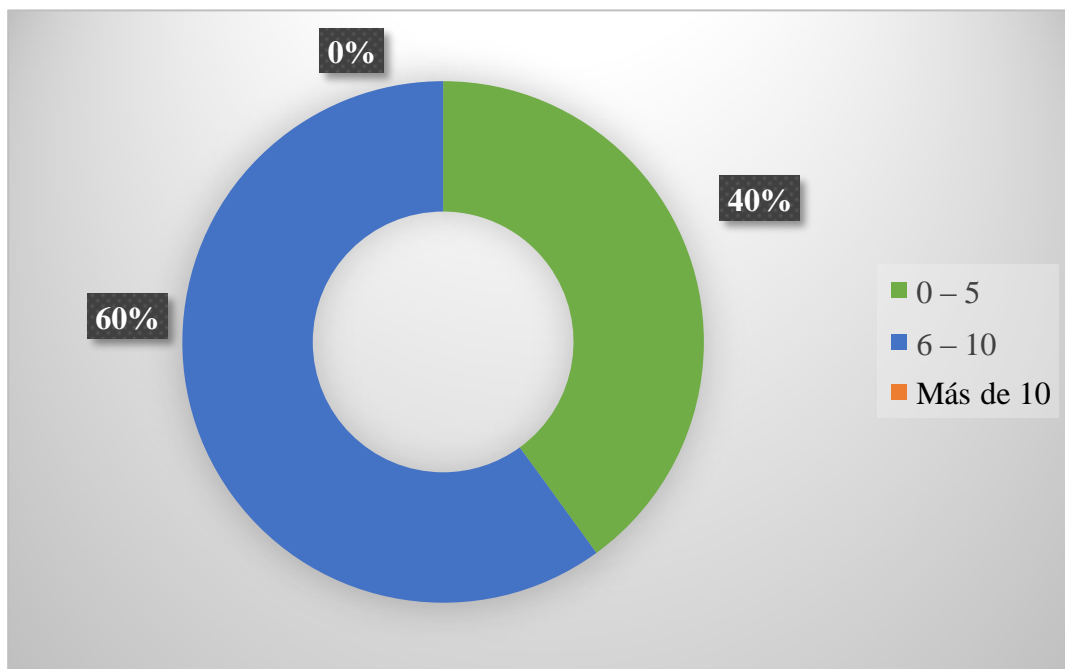
Análisis: La mayoría de los usuarios encuestados consideran que el aumento de incidentes y accidentes en el corredor principal de la sede central de la universidad se ha percibido desde hace más de 6 años, una pequeña parte de estos indican que en 6 años, mientras que una última parte restante señala que es desde hace 2 años; con esta información se valida el efecto.

Cuadro 4: Cantidad de incidentes y accidentes personales en el corredor central de la Sede Central de la Universidad durante el último año.

Respuestas	Valor absoluto	Valor relativo (%)
0 – 5	30	40
6 – 10	45	60
Más de 10	0	0
Totales	75	100

Fuente: Usuarios de las instalaciones encuestados, agosto 2020.

Gráfica 3: Cantidad de incidentes y accidentes personales en el corredor central de la Sede Central de la Universidad durante el último año.



Fuente: Usuarios de las instalaciones encuestados, agosto 2020.

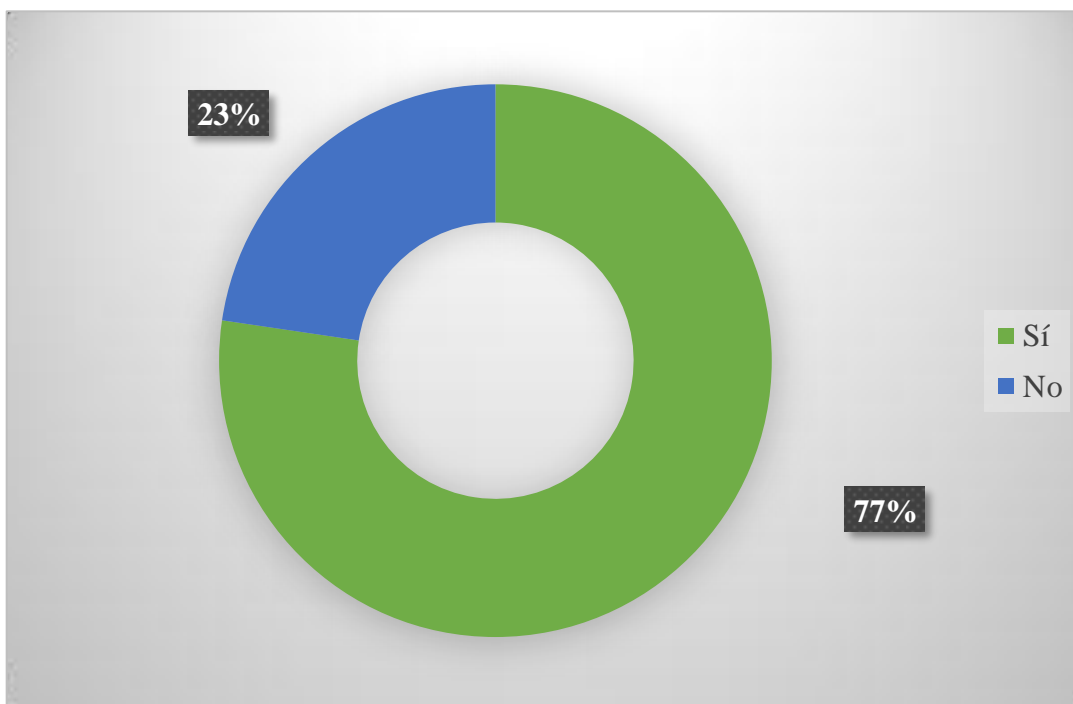
Análisis: Tres quintas partes de los usuarios encuestados en la sede central de la universidad indican que la cantidad de incidentes y accidentes personales percibidos en el corredor principal es entre 10 y 20 caso durante el último año, mientras que dos quintas partes de estos indica que son diez casos registrados; con estos datos se comprueba el efecto planteado.

Cuadro 5: Dificultades por aumento de incidentes y accidentes personales en el corredor central de la Sede Central de la Universidad.

Respuestas	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Sí	58	77
No	17	23
Totales	75	100

Fuente: Usuarios de las instalaciones encuestadas, agosto 2020.

Gráfica 4: Dificultades por aumento de incidentes y accidentes personales en el corredor central de la Sede Central de la Universidad.



Fuente: Usuarios de las instalaciones encuestados, agosto 2020.

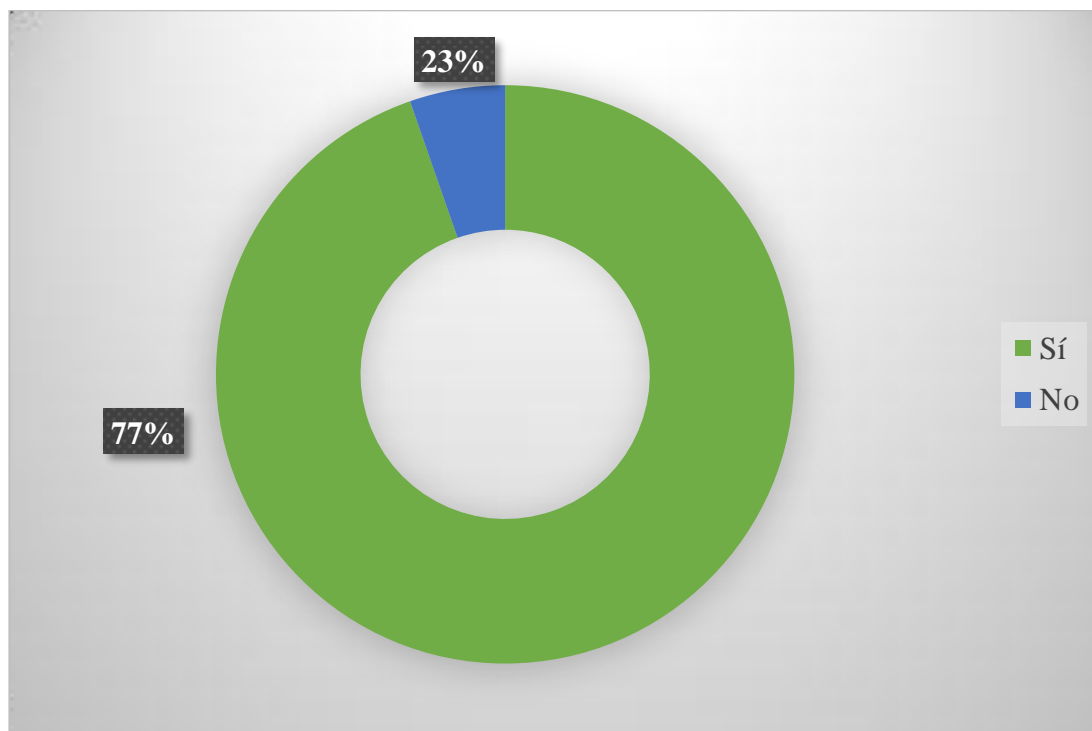
Análisis: La mayor parte de los encuestados aseguran haber tenido dificultades de algún tipo relacionadas al incremento de incidentes y accidentes personales en el corredor principal de la universidad, por otro lado, una pequeña parte no recuerda haber tenido dificultad alguna; con esta información se da validez al efecto nuevamente.

Cuadro 6: Alta probabilidad de sufrir algún incidente o accidente personal en el corredor central de la Sede Central de la Universidad.

Respuestas	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Sí	71	77
No	4	23
Totales	75	100

Fuente: Usuarios de las instalaciones encuestadas, agosto 2020.

Gráfica 5: Alta probabilidad de sufrir algún incidente o accidente personal en el corredor central de la Sede Central de la Universidad.



Fuente: Usuarios de las instalaciones encuestados, agosto 2020.

Análisis: La mayoría de los usuarios encuestados manifiesta preocupación sobre la alta probabilidad de sufrir algún percance en el corredor principal de la sede universitaria, mientras una reducida parte restante no considera que corran peligro al transitar por la zona; esta información valida una vez más el efecto.

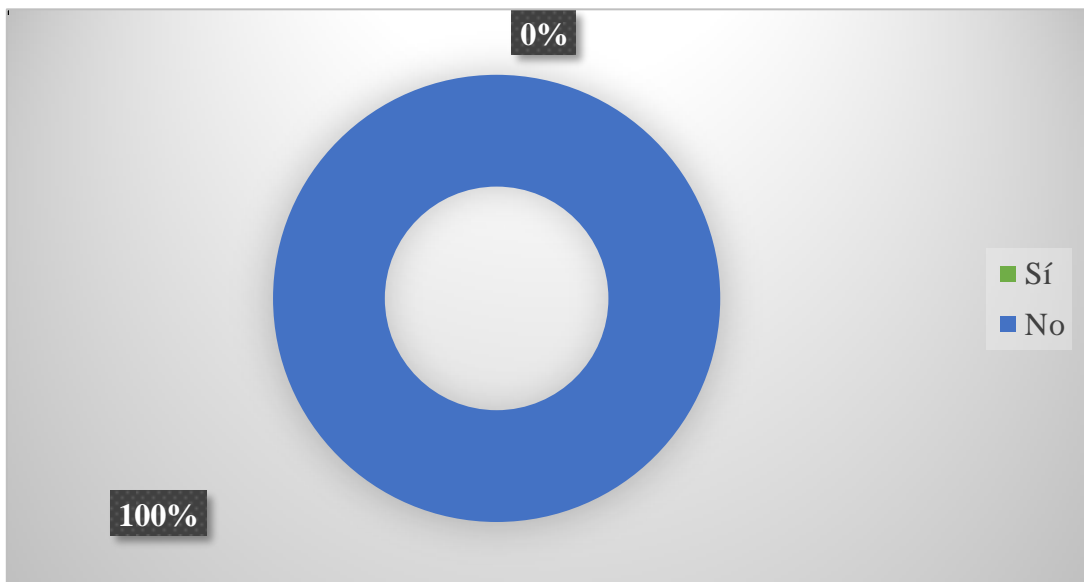
III.2 Cuadros y gráficas para la comprobación de la variable independiente (X) o la causa.

Cuadro 7: Existencia de mejora mediante generación de energía eléctrica solar fotovoltaica al sistema de iluminación en el corredor central de la sede universitaria.

Respuestas	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Sí	0	0
No	5	100
Totales	5	100

Fuente: Profesionales de la sede universitaria, agosto 2020.

Gráfica 6: Existencia de mejora mediante generación de energía eléctrica solar fotovoltaica al sistema de iluminación en el corredor central de la sede universitaria.



Fuente: Profesionales de la sede universitaria, agosto 2020.

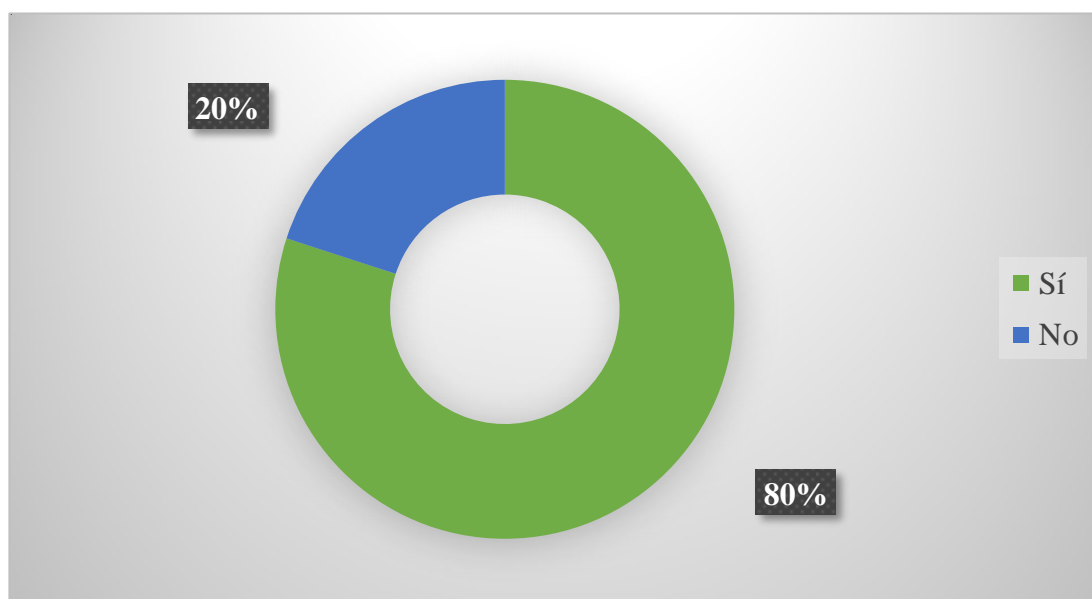
Análisis: La causa se confirma directamente mediante la opinión de todos los profesionales encuestados de la sede universitaria, puesto que esto indica que no se cuenta con mejora mediante generación de energía eléctrica solar fotovoltaica al sistema de iluminación del corredor principal.

Cuadro 8: Necesidad de mejora mediante generación de energía eléctrica solar fotovoltaica al sistema de iluminación en el corredor central de la sede universitaria.

Respuestas	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Sí	4	80
No	1	20
Totales	5	100

Fuente: Profesionales de la sede universitaria, agosto 2020.

Gráfica 7: Necesidad de mejora mediante generación de energía eléctrica solar fotovoltaica al sistema de iluminación en el corredor central de la sede universitaria.



Fuente: Profesionales de la sede universitaria, agosto 2020.

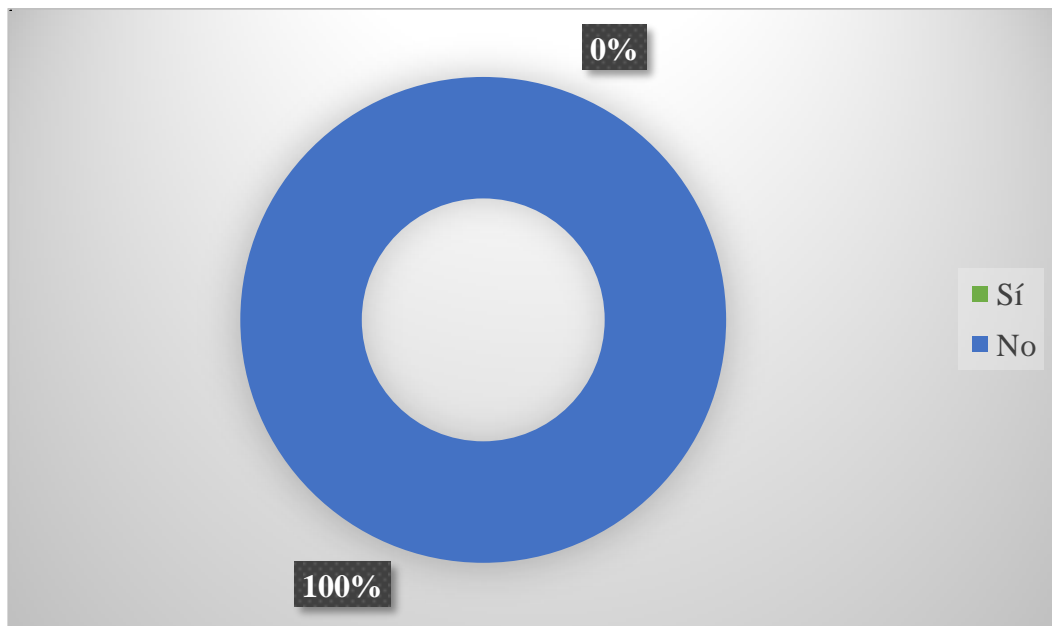
Análisis: Cuatro quintas partes de los encuestados aseguran que es necesaria la implementación de mejora mediante generación de energía eléctrica solar fotovoltaica al sistema de iluminación en el corredor central de la sede universitaria, mientras que una quinta parte no considera que esta sea la opción más viable; con esta información se da validez a la causa.

Cuadro 9: Planificación para implementar mejora mediante generación de energía eléctrica solar fotovoltaica al sistema de iluminación en el corredor central de la sede universitaria.

Respuestas	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Sí	0	0
No	5	100
Totales	5	100

Fuente: Profesionales de la sede universitaria, agosto 2020.

Gráfica 8: Planificación para implementar mejora mediante generación de energía eléctrica solar fotovoltaica al sistema de iluminación en el corredor central de la sede universitaria.



Fuente: Profesionales de la sede universitaria, agosto 2020.

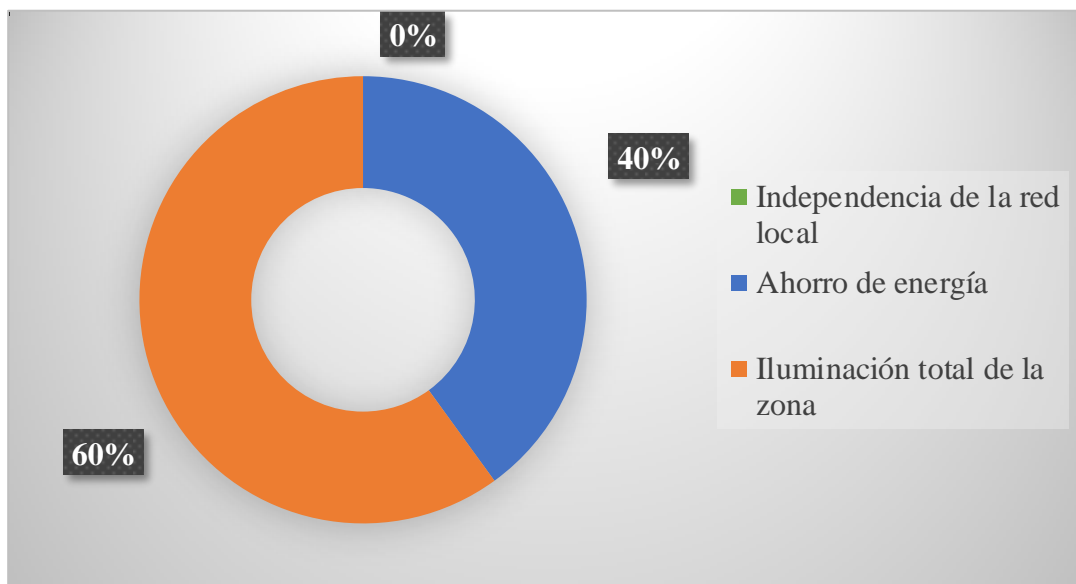
Análisis: La totalidad de profesionales de la sede universitaria manifiesta no tener contemplado dentro de su planificación la implementación de mejora mediante generación de energía eléctrica solar fotovoltaica al sistema de iluminación en el corredor central, con este resultado se valida la causa planteada.

Cuadro 10: Enfoque para implementar mejora mediante generación de energía eléctrica solar fotovoltaica al sistema de iluminación en el corredor central de la sede universitaria.

Respuestas	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Independencia de la red local	0	0
Ahorro de energía	2	40
Iluminación total de la zona	3	60
Totales	5	100

Fuente: Profesionales de la sede universitaria, agosto 2020.

Gráfica 9: Enfoque para implementar mejora mediante generación de energía eléctrica solar fotovoltaica al sistema de iluminación en el corredor central de la sede universitaria.



Fuente: Profesionales de la sede universitaria, agosto 2020.

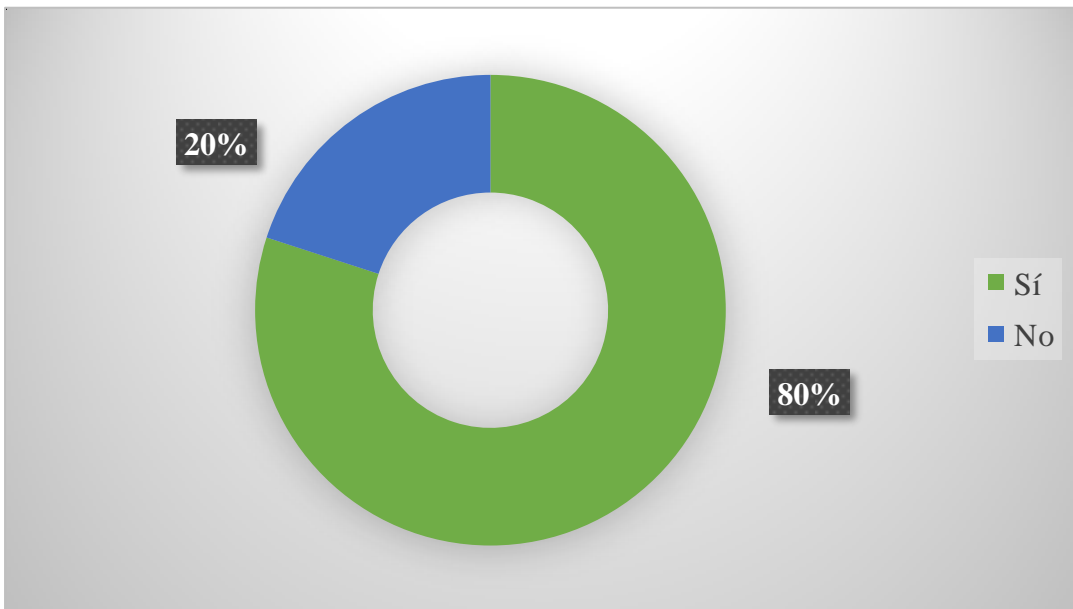
Análisis: Tres quintas partes de los profesionales encuestados consideran que al implementar mejora mediante generación de energía eléctrica solar fotovoltaica al sistema de iluminación en el corredor central de la sede universitaria, esta se debe enfocar en la cobertura total de iluminación, mientras que dos quintas partes en el ahorro de energía; nuevamente la información obtenida comprueba la causa

Cuadro 11: Falta de mejora mediante generación de energía eléctrica solar fotovoltaica al sistema de iluminación en el corredor central de la sede universitaria como precursor de incidentes y accidentes.

Respuestas	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Sí	4	80
No	1	20
Totales	5	100

Fuente: Profesionales de la sede universitaria, agosto 2020.

Gráfica 10: Falta de mejora mediante generación de energía eléctrica solar fotovoltaica al sistema de iluminación en el corredor central de la sede universitaria como precursor de incidentes y accidentes.



Fuente: Profesionales de la sede universitaria, agosto 2020.

Análisis: Cuatro quintas partes de los profesionales consideran que no contar con mejora mediante generación de energía eléctrica solar fotovoltaica al sistema de iluminación en el corredor central de la sede universitaria incrementa la incidencia de accidentes personales, por otro lado, una quinta parte no considera que sea esta la razón; con esta información se confirma la causa una vez más.

IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

IV.1 Conclusiones.

La investigación se realizó en Sede Central Zona 11 Universidad Rural de Guatemala, Guatemala, con 75 usuarios regulares de las instalaciones y 5 encargados de departamentos académicos; esta fue orientada para confirmar la hipótesis. Al considerar los resultados obtenidos en la tabulación presentada en el capítulo anterior sobre la investigación, se enlistan las siguientes conclusiones.

1. Se comprueba la hipótesis planteada: “el incremento de incidentes y accidentes personales en el corredor central de la Sede Central Zona 11 Universidad Rural de Guatemala, Guatemala, en los últimos 5 años; por deficiente sistema de iluminación, es debido a la inexistencia de plan de mejora mediante generación de energía eléctrica solar fotovoltaica”, con el 90% de nivel de confianza y 9.5% de error para la variable efecto, así como 100% de confianza y 0% de error para la variable causa.
2. Los incidentes y accidentes personales en el corredor central de la sede no han disminuido.
3. El incremento de incidentes y accidentes personales en el corredor central de la sede se ha percibido desde hace cinco años.
4. Se han registrado entre 10 y 20 incidentes y accidentes personales en el corredor central de la sede solo en el último año.
5. El aumento de incidentes y accidentes personales en el corredor central no ha facilitado las actividades curriculares de la sede.

6. La probabilidad de sufrir un percance en el corredor central de la sede universitaria no es baja.
7. No se cuenta con mejora mediante generación de energía eléctrica solar fotovoltaica al sistema de iluminación en el corredor central de la sede universitaria.
8. Implementar mejora mediante generación de energía eléctrica solar fotovoltaica al sistema de iluminación en el corredor central de la sede es de carácter urgente.
9. Los profesionales de la sede universitaria no consideran la implementación de mejoras mediante generación de energía eléctrica solar fotovoltaica al sistema de iluminación en el corredor central.
10. No se cuenta con la iluminación necesaria en el área del corredor principal de la sede.
11. No se cuenta con un ambiente seguro por falta de mejora mediante generación de energía eléctrica solar fotovoltaica al sistema de iluminación en el corredor central de la sede.

IV.2 Recomendaciones.

Los datos obtenidos a través de la investigación en Sede Central Zona 11 Universidad Rural de Guatemala, Guatemala, arrojan incremento de incidentes y accidentes personales en el corredor central por deficiente sistema de iluminación, provocado por falta de plan de mejora mediante generación de energía eléctrica solar fotovoltaica, por tanto, que se recomienda emplear las sugerencias descritas a continuación.

1. Implementar el plan de mejora mediante generación de energía eléctrica solar fotovoltaica al sistema de iluminación en el corredor central de la sede central de Universidad Rural de Guatemala.
2. Impulsar alternativas de solución que prevengan incidentes y accidentes personales en el corredor central de la sede.
3. Revertir la tendencia de aumento de incidentes y accidentes personales en el corredor central de la sede de los últimos cinco años.
4. Establecer protocolos de mitigación para los efectos de los incidentes y accidentes personales en el corredor central de la sede.
5. Promover medidas de facilitación para realizar las actividades curriculares en la sede.
6. Reducir el riesgo de incidencia de percances personales en el corredor central de la sede.

7. Desarrollar adecuadamente el plan de mejora mediante generación de energía eléctrica solar fotovoltaica al sistema de iluminación en el corredor central de la sede universitaria.
8. Exigir a los profesionales la presentación de iniciativas para la implementación de plan de mejora mediante generación de energía eléctrica solar fotovoltaica al sistema de iluminación en el corredor central de la sede.
9. Enfocar la implementación del plan de mejora mediante generación de energía eléctrica solar fotovoltaica al sistema de iluminación del corredor central en la cobertura completa de luminarias.
10. Mejorar la seguridad del plantel educativo con la implementación del plan de mejora mediante generación de energía eléctrica solar fotovoltaica al sistema de iluminación en el corredor central.
11. Contar con ambiente seguro para espera en las instalaciones de Sede Central de Universidad Rural de Guatemala.

BIBLIOGRAFÍA.

- Albela Martín, J. M. (1993). *Introducción a la ciencia de materiales: técnicas de percepción y caracterización*. Madrid, España: CSIC Press.
- Arguelles Varcárcel, F. (1989). *La seguridad social de Cuba Ira. Edición*. La Habana, Cuba: Ciencias Sociales.
- Banco Mundial. (1984). *Health and Safety Guidelines*. Berna, Suiza: Seguridad Industrial del BM.
- Barragan, E. (2014). *Seminario de Introduccion a las Energias. Energíasolar fotovoltaica*. Cuenca, Ecuador: C/E.
- Bizneo. (5 de Febrero de 2019). *BIZNEO*. Obtenido de Cómo actuar en caso de incidente laboral: <https://www.bizneo.com/blog/incidente-laboral/>
- BONS. (2015). *MARCO LEGAL DE ENERGÍA GUATEMALA*.
- Botta, N. A. (11 de Junio de 2018). *Red Proteger*. Obtenido de Los accidentes de trabajo:
https://www.redproteger.com.ar/editorialredproteger/serieaccidentologia/67_Los_Accidentes_Trabajo_2a_edicion_enero2018.pdf
- Burbano de Ercilla, S., & García Muñoz, C. (2010). *Física general*. Santiago de Chile: Google Books.
- Carrasco, M. (2012). *Iluminacion fotovoltaica en paraderos para mejorar la accesibilidad al transporte público*. Seattle, EE. UU.: Clean Air Institute.
- Castañer, L., & Markvart, T. (2003). *Practical handbook of photovoltaic: fundamentals and applications*. Houston, EE.UU.: Elsevier Science.
- Castejon, A., & Santamaria, G. (2012). *Instalaciones Solares Fotovoltaiicas*. Madrid, España: Editex.
- Castellanos, E. (26 de Febrero de 2014). *NIST*. Obtenido de Políticas y regulaciones en Guatemala con respecto a la energía renovable y ciencias del clima: <https://www.nist.gov/system/files/documents/iaao/Castellanos.pdf>

- CNEE. (2017). *Marco Legal Energía Guatemala*.
CNEE-227-2014. (s.f.).
- de Lucas, J. (2013). *El derecho a la libre circulación*. Cataluña, España: Amnistia Internacional Catalunya.
- Denton. (1998). *Seguridad Industrial Administración y Métodos*.
- Díaz Tabares, O. (1997). *Incapacidad laboral total*. La Habana, Cuba: Rev. Cubana Med Gen Integr.
- Díaz, T., & Carmona, G. (2010). *Instalaciones solares fotovoltaicas*. Madrid, España: McGraw-Hill Interamericana.
- Echeverría. (2004). *Importancia de la Seguridad Industrial*.
- Einstein, A. (1905). *Modelo heurístico de la creación y transformación de la luz*. Berlín, Alemania: Annalen der Physik.
- Fielding, H. (2007). *Una breve historia de la iluminación*. Valencia, España: Alfa.
- Hisour. (19 de Marzo de 2017). *HISOUR*. Obtenido de Circulación en arquitectura: <https://www.hisour.com/es/circulation-in-architecture-27899/>
- INDE. (2013).
- Isastur. (07 de Marzo de 2010). *ISASTUR*. Obtenido de Riegos higiénicos de la mal iluminación: https://www.isastur.com/external/seguridad/data/es/1/1_8_3_4.htm
- Lévy, É. (2004). *Voltaje. Diccionario de física*. Niza, Francia: Ediciones AKAL.
- Lewis, G. (1926). *The conservation of photons*. New York, EE. UU.: Nature.
- López Arias, S. (17 de Noviembre de 2015). *Universidad Nacional de Colombia*. Obtenido de Iluminación y alumbrado público: <http://bdigital.unal.edu.co/48843/1/1053814558.2015.pdf>
- Lorenzo, E., Moretón, F., & Zillez, R. (2008). *Retratos de la Conexión Fotovoltaica a la Red XII*. Córdoba, Argentina: Era SOLAR.
- Luxlite. (04 de Abril de 2019). *LUXLITE*. Obtenido de Alumbrado público: https://www.ecoluxlite.com/home/phocadownloadpap/especializados/alumbrado_publico.pdf

- Mancera Fernández, M. (03 de Agosto de 2012). *La Academia*. Obtenido de Seguridad e higiene industrial: gestión de riesgo: https://www.academia.edu/35072148/Libro_Seguridad_e_Higiene_industrial_gestion_de_riesgos
- Martínez, R. S. (2013). *Ergonomía en construcción: su importancia con respecto a la seguridad*.
- Mendoza Ramírez, A. J. (2012). *Montaje de redes eléctricas aéreas de baja tensión*. Antequera, Málaga: IC.
- Montero Soto, J. (29 de Abril de 2015). *El Financiero CR*. Obtenido de Mala iluminación afecta la salud en el lugar de trabajo: <https://www.elfinancierocr.com/gerencia/mala-iluminacion-afecta-la-salud-en-el-lugar-de-trabajo/4ZWWJ6YJVJDA7MQCT43LK7Q5WE/story/#:~:text=Algunos%20efectos%20de%20la%20iluminaci%C3%B3n,%2D%20Cefalalgias%3A%20Dolores%20de%20cabeza.&text=%2D%20Fatiga%3A%20F>
- Morrow, L. (1986). *Manual de mantenimiento Industrial. Tomo II*. La Habana, Cuba: Continental.
- Murua Chevesich, A., & Granda Ibarra, F. (1983). *Manual de seguridad e higiene industrial*. La Habana, Cuba: Ministerio de Cultura.
- OIT, O. d. (2009). *Variables psicológicas que afectan la ocurrencia de accidentes*. Bruselas, Bélgica: OIT.
- Palz, W. (2013). *Solar Power for the World: What You Wanted to Know about Photovoltaics*. Boston, EE.UU.: CRC Press.
- Pareja, M. (2010). *Energía solar fotovoltaica: Cálculo de una instalación aislada*. México, México: Marcombo.
- Pearce, J. (2002). Photovoltaics – A Path to Sustainable Futures. *Futures*, 36 - 44.
- Pérez Porto, J., & Merino, M. (23 de Agosto de 2014). *Definición.de*. Obtenido de Definición de Incidente: <https://definicion.de/incidente/>
- Resolución CNEE-171-2008 y CNEE-227-2014*. (s.f.).

- Robaina Aguirre, C. (1994). *Accidentabilidad laboral en empresa de bebidas y licores*. La Habana, Cuba: Rev. Cubana Hig Epidemiol.
- Robertson, L. (30 de Septiembre de 2015). *Nanlee*. Obtenido de Injury Epidemiology: Fourth Edition: www.nanlee.net
- Rodellar, A. L. (1988). *Seguridad e higiene en el trabajo*. España: MARCOMBO, S.A.
- Rodellar, A. L. (1998). *Seguridad e higiene en el trabajo*. España: MARCOMBO, S.A.
- Ruiz, M. R. (10 de Octubre de 2014). *LA Academia*. Obtenido de Gestión de seguridad industrial: https://www.academia.edu/35072148/Libro_Seguridad_e_Higiene_industrial_gestion_de_riesgos
- Skoog, D., Holler, F., & Nieman, T. (2001). «*Introducción a los métodos espectrométricos*». *Principios de Análisis instrumental*. 5ª Edición. Madrid, España: McGraw-Hill.
- Taylor, G., Easter, K., & Hegney, R. (2004). *Enhancing Occupational Safety and Health*. Liverpool, Reino Unido: Elsevier.
- Tecnología, Á. (12 de Enero de 2011). *ÁreaTecnología*. Obtenido de Redes aéreas de distribución: <https://areatecnologia.com/electricidad/redes-aereas-baja-tension.html#:~:text=Una%20red%20de%20distribuci%C3%B3n%20en,usuarios%20finales%20mediante%20las%20acometidas>.
- Ucha, F. (07 de Julio de 2011). *Definición ABC*. Obtenido de Definición de Incidente: <https://www.definicionabc.com/derecho/incidente.php>
- Velasco, J. (2016). *El azar de las fronteras. Políticas migratorias, justicia y ciudadanía*. México, México: FCE.
- Villegas. (2004). *Áreas de circulación Masiva*.
- Vimal R., L., Pokorny, J., Smith, V., & Shevell, S. (1989). *Foveal cone thresholds*. Ontario, Canadá: Vision RES.

Walton, H., & Reyes, J. (1983). *Análisis químico e instrumental moderno*. San Francisco, California: Reverte.

ANEXOS.

Anexo 1. Formato dominó.

Modelo de investigación: Dominó

(Derechos reservados por Doctor Fidel Reyes Lee y Universidad Rural de Guatemala)

Elaborado por: **Linda Isabel Castañeda Monterroso.** Para: **Programa de Graduación Universidad Rural.** Fecha: **23 de agosto de 2019.**

Problema	Propuesta	Evaluación
1) Efecto Incremento de incidentes y accidentes personales en el corredor central de la Sede Central Zona 11 Universidad Rural de Guatemala, Guatemala, en los últimos 5 años.	4) Objetivo general Disminuir incidentes y accidentes personales en el corredor central de la Sede Central Zona 11 Universidad Rural de Guatemala, Guatemala.	14) Indicadores, verificadores y cooperantes del objetivo general Indicadores: Al primer año de ejecutada la propuesta, se disminuyen los incidentes y accidentes personales en el corredor central de la Sede Central Zona 11 Universidad Rural de Guatemala, en 75%.
2) Problema central Deficiente sistema de iluminación en el corredor central de la Sede Central Zona 11 Universidad Rural de Guatemala, Guatemala.	5) Objetivo específico Contar con eficiente sistema de iluminación en el corredor central de la Sede Central Zona 11 Universidad Rural de Guatemala, Guatemala.	Verificadores: Encuestas a usuarios del corredor central de la Sede Central Zona 11 Universidad Rural de Guatemala. Supuestos: Las autoridades de sede central adoptan un programa de mantenimiento semestral a las instalaciones y reducir a cero los incidentes y accidentes.
3) Causa Inexistencia de plan de mejora mediante generación de energía eléctrica solar fotovoltaica al sistema de iluminación en el corredor central de la Sede Central Zona 11 Universidad Rural de Guatemala, Guatemala.	6) Nombre Plan de mejora mediante generación de energía eléctrica solar fotovoltaica al sistema de iluminación en el corredor central de la Sede Central Zona 11 Universidad Rural de Guatemala, Guatemala.	15) Indicadores, verificadores y cooperantes del objetivo específico Indicadores: Al primer año de implementada la propuesta, se cuenta con eficiente iluminación para el 100% de los

<p>7) Hipótesis</p> <p>El incremento de incidentes y accidentes personales en el corredor central de la Sede Central Zona 11 Universidad Rural de Guatemala, Guatemala, en los últimos 5 años; por deficiente sistema de iluminación, es debido a la inexistencia de plan de mejora mediante generación de energía eléctrica solar fotovoltaica.</p>	<p>12) Resultados</p> <p>* Se cuenta con la Coordinación de Sede Central como Unidad Ejecutora. * Se elabora anteproyecto de mejora mediante generación de energía eléctrica solar fotovoltaica al sistema de iluminación en el corredor central. * Se formula programa de sensibilización al personal involucrado.</p>	<p>usuarios del corredor central en horas de poca visibilidad en la Sede Central Zona 11 Universidad Rural de Guatemala.</p> <p>Verificadores: Encuestas a usuarios del corredor central de la Sede Central Zona 11 Universidad Rural de Guatemala; fotografías.</p> <p>Supuestos: El sistema de sistema de iluminación en el corredor central de la Sede Central Zona 11 Universidad Rural de Guatemala logra eficiencia en la reducción de incidentes y accidentes.</p> <p>Las autoridades locales implementan la propuesta en otras áreas necesarias de la sede.</p>
<p>8) Preguntas claves para comprobar el efecto</p> <p>a) ¿Considera usted que existe incremento de incidentes y accidentes personales en el corredor central de la Sede Central Zona 11 de la Universidad Rural de Guatemala?</p> <p>Sí ____ No ____</p> <p>b) ¿Desde hace cuánto tiempo existe incremento de incidentes y accidentes personales en el corredor</p>	<p>13) Ajustes de costos y tiempo N/A</p> <p>Forma de presentar resultados:</p> <p>El investigador para cada resultado debe identificar por lo menos cuatro actividades:</p> <p>R1: Se cuenta con la Coordinación de Sede Central como Unidad Ejecutora.</p> <p>A1</p> <p>An</p> <p>R2: Se elabora anteproyecto de mejora mediante generación de energía eléctrica solar fotovoltaica al sistema de iluminación en el corredor central.</p> <p>A1</p>	

<p>central de la Sede Central Zona 11 de la Universidad Rural de Guatemala?</p> <p>0-2 años__ 2-6 años__ Más de 6 años__</p> <p>c) ¿Cuántos incidentes y accidentes personales considera que han ocurrido en el último año?</p> <p>1-50 __ 50 -100 __ Más de 100 __</p> <p>Dirigidas a personal administrativo, estudiantes y visitantes de la Sede Central Zona 11 de la Universidad Rural de Guatemala.</p> <p>Boletas 68, población infinita cualitativa, con el 90% de nivel de confianza y 10% de error.</p>	<p>An</p> <p>R3: Se formula programa de sensibilización al personal involucrado.</p> <p>A1</p> <p>An</p>
<p>9) Preguntas claves para comprobar la causa</p> <p>a) ¿Conoce si existe mejora mediante generación de energía eléctrica solar fotovoltaica al sistema de iluminación en el corredor central de la Sede Central Zona 11 Universidad Rural de Guatemala?</p> <p>Sí__ No__</p>	

b) ¿Considera usted que es necesario implementar el plan de mejora mediante generación de energía eléctrica solar fotovoltaica al sistema de iluminación en el corredor central de la Sede Central Zona 11 Universidad Rural de Guatemala?

Sí___ No_____

c) ¿Tiene contemplado dentro de su planificación la implementación de mejora mediante generación de energía eléctrica solar fotovoltaica al sistema de iluminación en el corredor central de la Sede Central Zona 11 Universidad Rural de Guatemala?

Sí___ No_____

Dirigidas a Coordinadores de los siguientes departamentos:

Sede Central; Bufete; Programa de graduación; Laboratorios y Académico.

Boletas 5, población censal, con el 100% de nivel de confianza y 0% de error.

10) Teoría

A) Incidentes personales.

B) Accidentes personales.

C) Áreas expuestas.

D) Áreas de circulación masiva.

E) Seguridad Industrial.

F) Iluminación.

G) Iluminación pública.

H) Fotones.

I) Voltaje.

J) Deficiente sistema de iluminación pública.

K) Sistemas eléctricos de red de distribución convencional.

L) Energía eléctrica solar fotovoltaica.

M) Técnicas de implementación de sistema de energía eléctrica solar fotovoltaica.

N) Marco legal para el uso de energías renovables en Guatemala.

11) Justificación

El investigador debe evidenciar con proyección estadística y matemática, el comportamiento del efecto

identificado en el árbol de problemas.

Anexo 2. Árbol de problemas, hipótesis y árbol de objetivos.

Árbol de problemas.

Tópico: Deficiente sistema de iluminación.

Efecto
(Variable dependiente o Y)

Incremento de incidentes y accidentes personales en el corredor central de la Sede Central Zona 11 Universidad Rural de Guatemala, Guatemala, en los últimos 5 años.

Problema central
(Causa intermedia)

Deficiente sistema de iluminación en el corredor central de la Sede Central Zona 11 Universidad Rural de Guatemala, Guatemala.

Causa
(Variable independiente o X)

Inexistencia de plan de mejora mediante generación de energía eléctrica solar fotovoltaica al sistema de iluminación en el corredor central de la Sede Central Zona 11 Universidad Rural de Guatemala, Guatemala.

Hipótesis causal:

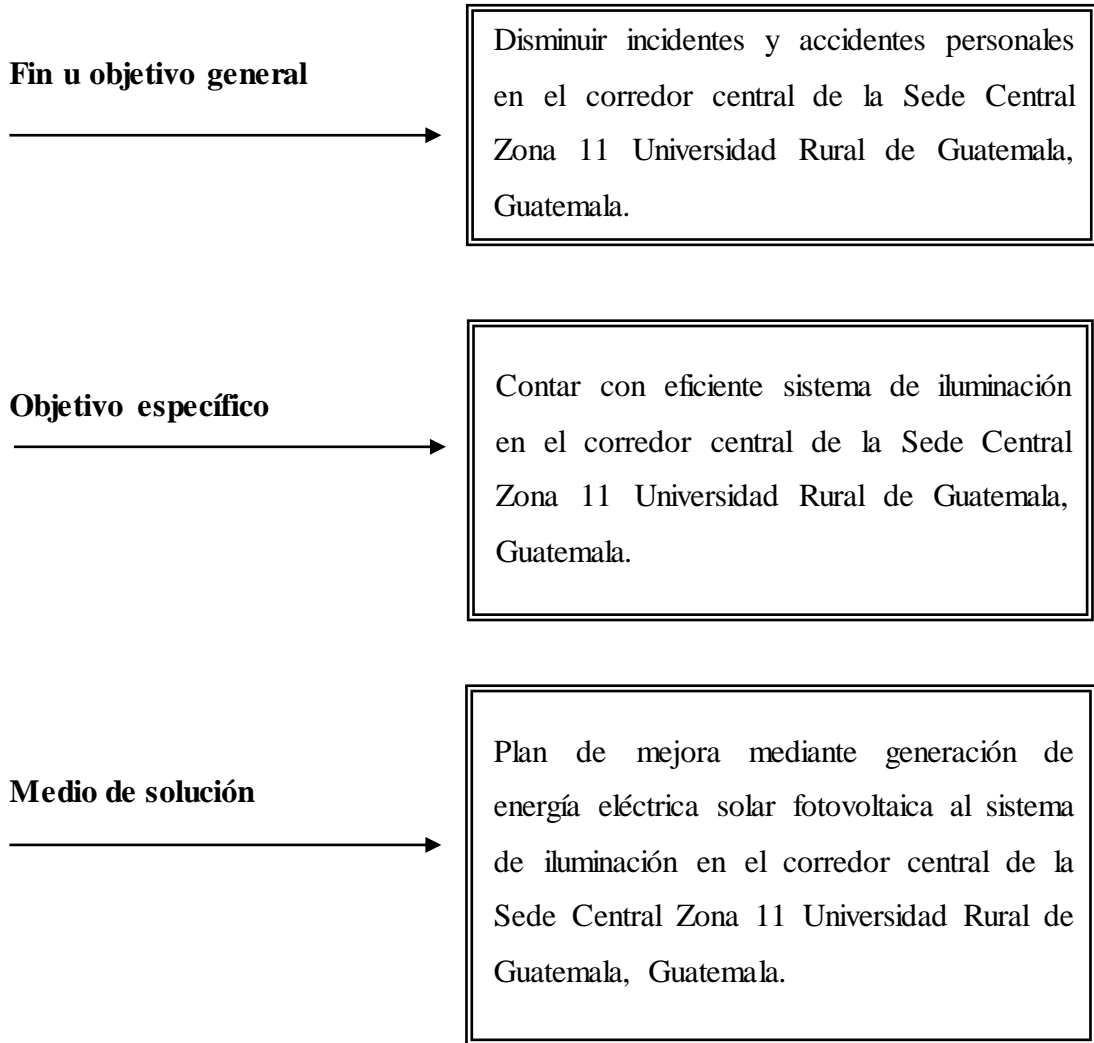
“El incremento de incidentes y accidentes personales en el corredor central de la Sede Central Zona 11 Universidad Rural de Guatemala, Guatemala, en los últimos 5 años; por deficiente sistema de iluminación, es debido a la inexistencia de plan de mejora mediante generación de energía eléctrica solar fotovoltaica”.

Hipótesis interrogativa:

¿Será la inexistencia de plan de mejora mediante generación de energía eléctrica solar fotovoltaica la causante del incremento de incidentes y accidentes personales en el corredor central de la Sede Central Zona 11 Universidad Rural de Guatemala, Guatemala, en los últimos 5 años; por deficiente sistema de iluminación?

Árbol de objetivos.

En función de dar solución a la problemática planteada, se describen los siguientes objetivos.

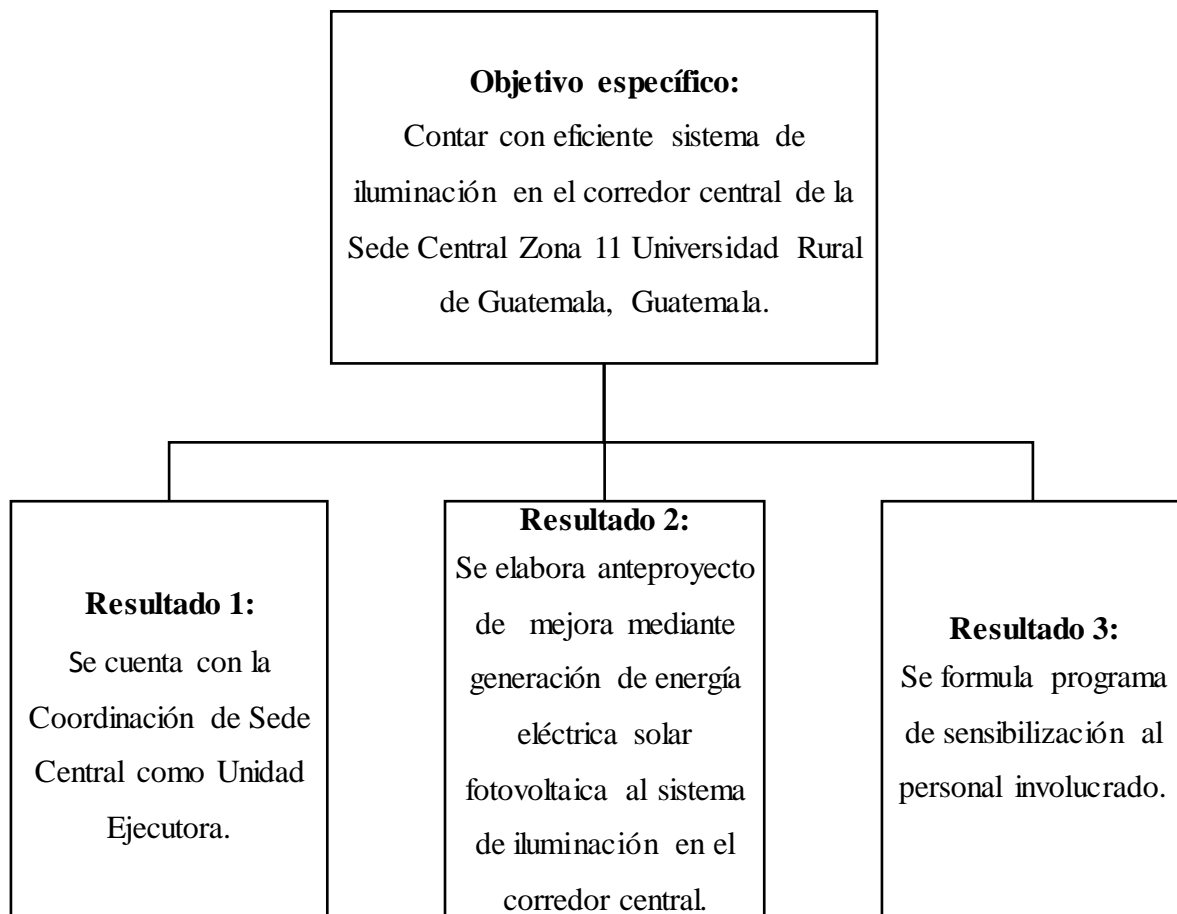


Título de tesis:

Plan de mejora mediante generación de energía eléctrica solar fotovoltaica al sistema de iluminación en el corredor central de la Sede Central Zona 11 Universidad Rural de Guatemala, Guatemala.

Anexo 3. Diagrama del medio de solución de la problemática.

Con la finalidad de proporcionar una solución que para reducir los incidentes y accidentes personales en el corredor central de la Sede Central Zona 11 Universidad Rural de Guatemala, se plantea la siguiente propuesta de solución a la problemática identificada:



Anexo 4. Boleta de investigación para la comprobación del efecto general.

Universidad Rural de Guatemala

Programa de Graduación

Boleta de Investigación

Variable Dependiente

Objetivo: Esta boleta de investigación tiene por objeto comprobar o no la variable dependiente siguiente: **“Incremento de incidentes y accidentes personales en el corredor central de la Sede Central Zona 11 Universidad Rural de Guatemala, Guatemala, en los últimos 5 años”**.

Esta boleta está dirigida a personal administrativo, estudiantes y visitantes de la Sede Central Zona 11 de la Universidad Rural de Guatemala; con el 90% del nivel de confianza y el 9.5% de error, por el sistema de población finita cualitativa.

Instrucciones: A continuación, se le presentan varios cuestionamientos, a los que deberá responder con una “X” la respuesta que considere correcta.

1. ¿Considera usted que existe incremento de incidentes y accidentes personales en el corredor central de la Sede Central Zona 11 de la Universidad Rural de Guatemala?

Sí_____ No_____

2. ¿Desde hace cuánto tiempo existe incremento de incidentes y accidentes personales en el corredor central de la Sede Central Zona 11 de la Universidad Rural de Guatemala?

2.1. 0 – 2 años_____

2.2. 2 – 6 años_____

2.3. Más de 6 años_____

3. ¿Cuántos incidentes y accidentes personales considera que han ocurrido en el último año?

3.1. 0 – 5_____

3.2. 6 – 10_____

3.3. Más de 10_____

4. ¿Ha tenido dificultades por aumento de incidentes y accidentes personales en el corredor principal de Sede Central de la Universidad Rural de Guatemala?

Sí_____ **No**_____

5. ¿Es alta la probabilidad de sufrir un incidente o accidente personal en el corredor principal de Sede Central de la Universidad Rural de Guatemala?

Sí_____ **No**_____

Observaciones: _____

Lugar y fecha: _____

Anexo 5. Boleta de investigación para la comprobación de la causa principal.

Universidad Rural de Guatemala

Programa de Graduación

Boleta de Investigación

Variable Independiente

Objetivo: Esta boleta de investigación tiene por objeto comprobar o no la variable independiente siguiente: **“Inexistencia de plan de mejora mediante generación de energía eléctrica solar fotovoltaica al sistema de iluminación en el corredor central de la Sede Central Zona 11 Universidad Rural de Guatemala, Guatemala”.**

Esta boleta está dirigida a Coordinadores de los siguientes departamentos: Sede Central; Bufete; Programa de graduación; Laboratorios y Académico; con el 100 % del nivel de confianza y el 0 % de error, por el sistema de población finita cualitativa.

Instrucciones: A continuación, se le presentan varios cuestionamientos, a los que deberá responder con una “X” la respuesta que considere correcta.

1. ¿Conoce si existe mejora mediante generación de energía eléctrica solar fotovoltaica al sistema de iluminación en el corredor central de la Sede Central de Universidad Rural de Guatemala?

Sí _____ No _____

2. ¿Considera usted que es necesario implementar el plan de mejora mediante generación de energía eléctrica solar fotovoltaica al sistema de iluminación en el corredor central de la Sede Central de Universidad Rural de Guatemala?

Sí_____ **No**_____

3. ¿Tiene contemplado dentro de su planificación la implementación de mejora mediante generación de energía eléctrica solar fotovoltaica al sistema de iluminación en el corredor central de la Sede Central de Universidad Rural de Guatemala?

Sí_____ **No**_____

4. ¿Qué enfoque considera que debe tener la implementación de mejora mediante generación de energía eléctrica solar fotovoltaica al sistema de iluminación?

4.1. Independencia total de la red local_____

4.2. Ahorro de energía_____

4.3. Iluminación total de la zona_____

5. ¿Cree usted que la falta de mejora mediante generación de energía eléctrica solar fotovoltaica al sistema de iluminación aumenta la incidencia de accidentes?

Sí_____ **No**_____

Observaciones: _____

Lugar y fecha: _____

Anexo 6. Cálculo del tamaño de la muestra.

Para la población efecto se trabajó la técnica del muestreo de personas que hacen uso de las instalaciones de Sede Central, zona 11, Universidad Rural de Guatemala, por medio de la población infinita cualitativa, con el 90% del nivel de confianza y el 9.5% de error y se obtuvo 75 personas para la muestra a encuestar.

Para corroborar lo anterior se presenta a continuación el cálculo estadístico numérico, mediante la fórmula Taro Yamane.

$$n = \frac{Z^2 p(1-p)}{e^2}$$

Z =	1.645	Valor de Z en la tabla
Z ² =	2.706025	
p =	0.5	% de éxito
1-p	0.5	
e =	0.095	
e ² =	0.009025	
Z ² p (1-p)		
=	0.6765063	
n =	74.959141	Muestra

Para la población causa, se trabajó la técnica del censo con el 100% del nivel de confianza y el 0% de error; lo anterior debido a que es población finita cualitativa menor a 35 personas; de 5 profesionales a cargo de los departamentos académicos de la Sede Central zona 11.

Anexo 7. Cálculo del coeficiente de correlación.

Se realiza con la finalidad de determinar la correlación existente entre las variables intervinientes en la problemática descrita en el árbol de problemas y poder validarla; así como determinar si es posible la proyección de su comportamiento mediante el cálculo de la ecuación de la línea recta.

Las variables intervinientes están en función de: “X” la cantidad de tiempo contemplado en los últimos 5 años (de 2015 a 2019); mientras que “Y” en función del efecto identificado en el árbol de problemas, el cual obedece a la cantidad de percances ocurridos en la sede central de la Universidad Rural de Guatemala.

Requisito. $+>0.80$ y $+<1$

Año	X (Años)	Y (Incidentes y accidentes)	XY	X²	Y²
2015	1	14	14.00	1	196.00
2016	2	17	34.00	4	289.00
2017	3	21	63.00	9	441.00
2018	4	25	100.00	16	625.00
2019	5	21	105.00	25	441.00
Totales	15	98	316.00	55	1992.00

n=	5
$\sum X=$	15
$\sum XY=$	316
$\sum X^2=$	55
$\sum Y^2=$	1992.00
$\sum Y=$	98
$n\sum XY=$	1580
$\sum X*\sum Y=$	1470
Numerador=	110
$n\sum X^2=$	275
$(\sum X)^2=$	225
$n\sum Y^2=$	9960.00
$(\sum Y)^2=$	9604.00
$n\sum X^2-(\sum X)^2=$	50
$n\sum Y^2-(\sum Y)^2=$	356
$(n\sum X^2-(\sum X)^2)*$	17800.00
Denominador:	133.4166406
r=	0.824484858

Fórmula:

$$r = \frac{n\sum XY - \sum X * \sum Y}{\sqrt{(n\sum X^2 - (\sum X)^2) * (n\sum Y^2 - (\sum Y)^2)}}$$

Análisis:

Debido a que el coeficiente de correlación $r = 0.824$ se encuentra dentro del rango establecido, se indica que las variables están debidamente correlacionadas, se valida la problemática y se procede a la proyección mediante la línea recta.

Anexo 8. Proyección del comportamiento de la problemática mediante la línea recta.

$$y = a + bx$$

Año	X (Años)	Y (Incidentes y accidentes)	XY	X ²	Y ²
2015	1	14	14.00	1	196.00
2016	2	17	34.00	4	289.00
2017	3	21	63.00	9	441.00
2018	4	25	100.00	16	625.00
2019	5	21	105.00	25	441.00
Totales	15	98	316.00	55	1992.00

n=	5
$\sum X =$	15
$\sum XY =$	316
$\sum X^2 =$	55
$\sum Y^2 =$	1992.00
$\sum Y =$	98
$n \sum XY =$	1580
$\sum X * \sum Y =$	1470
Numerador de b:	110
Denominador de b:	
$n \sum X^2 =$	275
$(\sum X)^2 =$	225
$n \sum X^2 - (\sum X)^2 =$	50
b=	2.2
Numerador de a:	
$\sum Y =$	98
$b * \sum X =$	33
Numerador de a:	65
a=	13

Fórmulas:

$$b = \frac{n \sum XY - \sum X * \sum Y}{n \sum X^2 - (\sum X)^2}$$

$$a = \frac{\sum y - b \sum x}{n}$$

Cálculos por año de proyección sin proyecto.

Ecuación de la línea recta $Y= a+(b*x)$				
Y(2020)=	a	+	(b	* X)
Y(2020)=	13	+	2.2	X
Y(2020)=	13	+	2.2	6
Y(2020)=	26.2			
Y(2020)=	26 Incidentes			

Ecuación de la línea recta $Y= a+(b*x)$				
Y(2021)=	a	+	(b	* X)
Y(2021)=	13	+	2.2	X
Y(2021)=	13	+	2.2	7
Y(2021)=	28.4			
Y(2021)=	28 Incidentes			

Ecuación de la línea recta $Y= a+(b*x)$				
Y(2022)=	a	+	(b	* X)
Y(2022)=	13	+	2.2	X
Y(2022)=	13	+	2.2	8
Y(2022)=	30.3			
Y(2022)=	30 Incidentes			

Ecuación de la línea recta $Y= a+(b*x)$				
Y(2023)=	a	+	(b	* X)
Y(2023)=	13	+	2.2	X
Y(2023)=	13	+	2.2	9
Y(2023)=	32.4			
Y(2023)=	32 Incidentes			

Ecuación de la línea recta $Y= a+(b*x)$				
Y(2024)=	a	+	(b	* X)
Y(2024)=	13	+	2.2	X
Y(2024)=	13	+	2.2	10
Y(2024)=	34			
Y(2024)=	34 Incidentes			

Proyección con proyecto.

Esto se realiza para identificar el comportamiento de la problemática si se ejecutara la presente propuesta.

Fórmula:

$Y(2020) = \text{Año anterior} - \text{Porcentaje de resolución propuesto.}$

Cálculos por año.

Y (2020)	=	Y(2019)	□	11%	=
Y (2020)	=	21	□	2.31	18.69
Y (2020)	=	19 Incidentes			

Y (2021)	=	Y(2020)	□	16%	=
Y (2021)	=	19	□	3.04	15.96
Y (2021)	=	16 Incidentes			

Y (2022)	=	Y(2021)	□	18%	=
Y (2022)	=	16	□	2.88	13.12
Y (2022)	=	13 Incidentes			

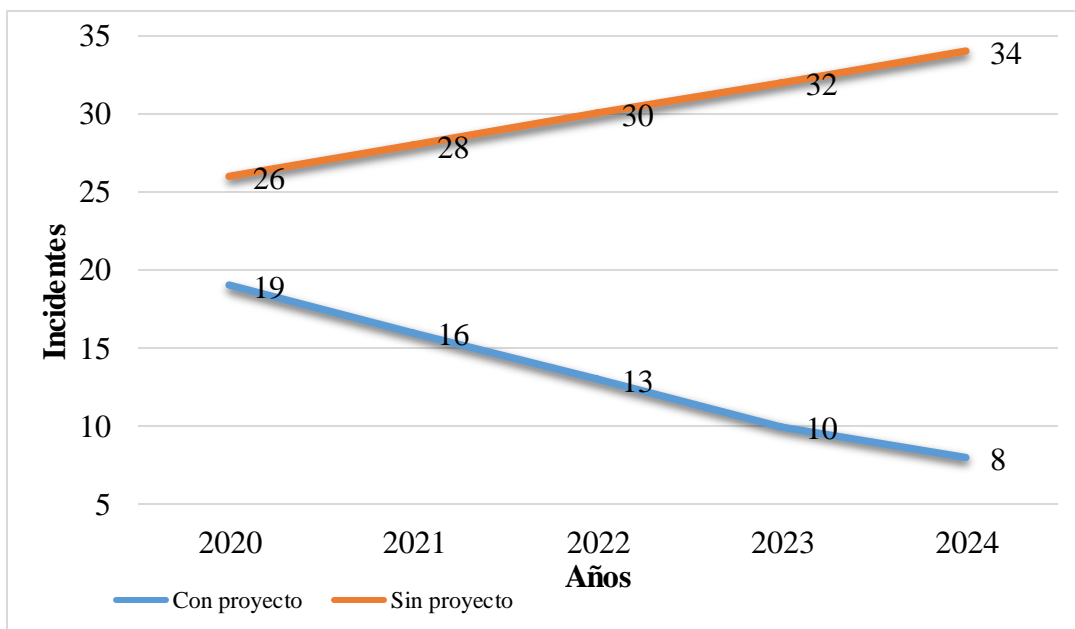
Y (2023)	=	Y(2022)	□	21%	=
Y (2023)	=	13	□	2.73	10.27
Y (2023)	=	10 Incidentes			

Y (2024)	=	Y(2023)	□	24%	=
Y (2024)	=	10	□	2.40	7.60
Y (2024)	=	8 Incidentes			

Cuadro 1: Comparativo sin y con proyecto.

Año	Proyección sin proyecto	Proyección con proyecto
2020	26 incidentes	19 incidentes
2021	28 incidentes	16 incidentes
2022	30 incidentes	13 incidentes
2023	32 incidentes	10 incidentes
2024	34 incidentes	8 incidentes

Gráfica 1: Comportamiento de la problemática sin y con proyecto.



Análisis:

Como se puede notar en la información anterior, la problemática crece a medida que pasa el tiempo; de no ejecutarse la presente propuesta, la situación del efecto identificado, seguirá en condiciones negativas, por lo que se hace evidente la necesidad de implementar plan de mejora mediante generación de energía eléctrica solar fotovoltaica al sistema de iluminación en el corredor central de la Sede Central de Universidad Rural de Guatemala, y así solucionar a la brevedad posible la problemática identificada.

LINDA ISABEL CASTAÑEDA MONTERROSO

TOMO II

PLAN DE MEJORA MEDIANTE GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA
SOLAR FOTOVOLTAICA AL SISTEMA DE ILUMINACIÓN EN EL
CORREDOR CENTRAL DE LA SEDE CENTRAL ZONA 11
UNIVERSIDAD RURAL DE GUATEMALA, GUATEMALA.



Asesor General Metodológico:

Ingeniero Carlos Alberto Pérez Estrada

Universidad Rural de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Guatemala, agosto de 2021.

Esta tesis fue presentada por la autora, previo a obtener el título universitario de Licenciada en Ingeniería Industrial con énfasis en Recursos Naturales Renovables.

Prólogo

Como parte del programa de graduación y en cumplimiento con lo establecido por la Universidad Rural de Guatemala, se plantea el “Plan de mejora mediante generación de energía eléctrica solar fotovoltaica al sistema de iluminación en el corredor central de la Sede Central Zona 11 Universidad Rural de Guatemala, Guatemala”.

El informe contiene los resultados de la investigación realizada previo a optar al título de Ingeniería Industrial en el grado académico de Licenciatura de la Facultad de Ingeniería, de acuerdo con los lineamientos técnicos de la Universidad Rural de Guatemala.

El presente es resultado del trabajo de investigación sobre la necesidad de mejorar la iluminación por medio de un sistema autónomo en el corredor principal de la sede universitaria.

El interés en realizar una investigación sobre este tema es contribuir para reducir en la tasa de incidentes y accidentes personales dentro del plantel, ya que año tras año esta incrementa y repercute en la seguridad de estudiantes y personal en general, esto por iluminación inadecuada, por lo cual es absolutamente necesario que se mejore mediante generación de energía eléctrica solar fotovoltaica al sistema de iluminación.

Presentación

La investigación se enfoca en el tópico sobre deficiente sistema de iluminación en Sede Central Zona 11 Universidad Rural de Guatemala, Guatemala, este estudio tiene como finalidad determinar el aumento de incidentes y accidentes personales en el corredor central que se percibe desde hace cinco años, lo cual amerita realizar una investigación para que las autoridades universitarias encuentren una solución.

El objetivo de la investigación es mejorar la seguridad de los estudiantes y del personal mediante el mejoramiento de la red de iluminación de las instalaciones específicamente en el corredor principal de ingreso.

Como medio para solucionar la problemática se propone implementar plan de mejora mediante generación de energía eléctrica solar fotovoltaica al sistema de iluminación, esta propuesta está dirigida a los profesionales universitarios.

La investigación realizada es el punto de partida, puesto que permite la detección y diagnóstico del problema basado en metodología y técnicas de estudio, lo cual sugiere la veracidad de dicho problema y que su resolución no es un esfuerzo absurdo.

Índice general

No.	Contenido	Página
	Prólogo	
	Presentación	
I.	RESUMEN	1
II.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	11
	ANEXOS	

I. RESUMEN

El presente informe contiene a manera de síntesis los preceptos que explican la base metodológica utilizada durante el proceso investigativo de la problemática sobre el incremento de incidentes y accidentes personales en el corredor central de la Sede Central Zona 11 Universidad Rural de Guatemala, durante los últimos cinco años por sistema de iluminación inadecuado, debido a no contar con un plan de mejora mediante generación de energía eléctrica solar fotovoltaica al sistema de iluminación, que llevaron hasta la comprobación de las variables del problema identificado, así como plantear la posible solución del mismo.

Planteamiento del problema.

El presente informe sobre seguridad industrial, tiene origen en el aumento de incidentes y accidentes personales en el corredor central de la Sede Central Zona 11 Universidad Rural de Guatemala, por inadecuado sistema de iluminación, producto de faltar plan de mejora mediante generación de energía eléctrica solar fotovoltaica al sistema de iluminación, esta problemática se ha percibido en los últimos cinco años y ha comprometido la seguridad de los usuarios de las instalaciones.

El incremento de los incidentes y accidentes personales en el corredor principal de la sede universitaria, se refiere a la cantidad de usuarios que han sufrido un percance físico dentro del plantel en los últimos cinco años, lo que ha repercutido en una sensación de inseguridad dentro del plantel por parte de estudiantes, docentes, personal administrativo y visitantes en general. Inclusive ciertas actividades se han visto perjudicadas por esta alta incidencia.

Este efecto se ha percibido por deficiente sistema de iluminación en el corredor central, esta deficiencia ha convertido a la única vía de acceso a las instalaciones en

un punto crítico de seguridad, puesto que las características topológicas del corredor requieren de una iluminación adecuada, para que el tránsito en este sea más ergonómico y seguro, evitándose pasos en falso y mejorándose el ordenamiento y regulación de la circulación de personas.

Toda esta situación se presenta como consecuencia de no contar con plan de mejora mediante generación de energía eléctrica solar fotovoltaica al sistema de iluminación, se podría iluminar el corredor por completo de una forma más eficiente y económica.

Al proponer que se implemente esta propuesta, se pretende que los profesionales de la universidad cuenten con una solución inmediata al problema encontrado y se logre contar con un sistema adecuado de iluminación.

Hipótesis.

Se pudo establecer la hipótesis del problema como parte del trabajo de investigación en Sede Central de la Universidad Rural de Guatemala.

Hipótesis causal.

“El incremento de incidentes y accidentes personales en el corredor central de la Sede Central Zona 11 Universidad Rural de Guatemala, Guatemala, en los últimos 5 años; por deficiente sistema de iluminación, es debido a la inexistencia de plan de mejora mediante generación de energía eléctrica solar fotovoltaica”.

Hipótesis interrogativa.

¿Será la inexistencia de plan de mejora mediante generación de energía eléctrica solar fotovoltaica la causante del incremento de incidentes y accidentes personales en el corredor central de la Sede Central Zona 11 Universidad Rural de Guatemala, Guatemala, en los últimos 5 años; por deficiente sistema de iluminación?

Objetivos.

El desarrollo de la investigación conllevó el planteamiento de los objetivos: general y específico, los cuales conforme la investigación avance deben alcanzarse para comprobar la veracidad de la hipótesis y la forma de solucionar la problemática.

General.

Disminuir incidentes y accidentes personales en el corredor central de la Sede Central Zona 11 Universidad Rural de Guatemala, Guatemala, en los últimos 5 años.

Específico.

Contar con eficiente sistema de iluminación en el corredor central de la Sede Central Zona 11 Universidad Rural de Guatemala, Guatemala.

Justificación.

Actualmente, en el corredor principal de la sede central de la Universidad Rural de Guatemala, se perciben en promedio 19 incidentes y accidentes personales, lo que equivale a un costo total de 98 percances en los últimos cinco años, esta es una situación alarmante puesto que expone la integridad física de todos los usuarios y compromete el funcionamiento adecuado de la sede.

Con base a los datos de los últimos cinco años, se puede deducir que la cantidad de incidentes y accidentes personales aumentan en un 10% anual, esto como consecuencia de un deficiente sistema de iluminación, provocado por falta de plan de mejora mediante generación de energía eléctrica solar fotovoltaica al sistema de iluminación.

Esta situación tenderá al incremento de la cantidad de percances personales en los siguientes cinco años de no tomar medidas necesarias para contrarrestar la

problemática, las proyecciones indican que para el año 2024 la cantidad de casos en el corredor principal será de 34 personas afectadas.

Por lo cual, es importante establecer plan de mejora mediante generación de energía eléctrica solar fotovoltaica al sistema de iluminación, puesto con el cual se garantizaría la cobertura total del corredor por medio de la instalación de una red autónoma de luminarias, con la que se reduciría considerablemente el riesgo de accidentes en la zona, especialmente durante la noche.

Resulta indispensable para el bienestar de los usuarios de la sede universitaria, la implementación de esta propuesta por medio de la cual se implementen dispositivos de aprovechamiento fotovoltaico que generen luz en toda la zona expuesta, lo que permitiría en los siguientes cinco años reducir la cantidad de accidentes e incidentes en un 90%, lo que equivaldría a 8 casos para el año 2024.

Metodología.

Los métodos y técnicas empleadas para la elaboración del presente trabajo de graduación, se expone a continuación:

Métodos.

Los métodos utilizados variaron en relación a la formulación de la hipótesis y la comprobación de la misma; así: Para la formulación de la hipótesis, el método utilizado fue esencial el método deductivo, el que fue auxiliado por el método del marco lógico para formular la hipótesis y los objetivos de la investigación, diagramados en los árboles de problemas y objetivos, que forman parte del anexo de este documento.

Para la comprobación de la hipótesis, el método utilizado fue el inductivo, que contó con el auxilio de los métodos: estadístico, análisis y síntesis.

La forma del empleo de los métodos citados, se expone a continuación:

Métodos y técnicas utilizadas para la formulación de la hipótesis.

Para la formulación de la hipótesis se utilizó el método deductivo como medio principal de investigación, el cual permitió conocer aspectos generales y específicos de la Sede Central Zona 11 Universidad Rural de Guatemala, Guatemala. Las técnicas utilizadas fueron:

- Observación directa. Esta se realizó directamente dentro del plantel educativo, lo que permitió confirmar la deficiente iluminación en el corredor principal, así como sus características de riesgo, como su inclinación, exposición de laderas y el grado de afluencia de personas, con la finalidad de determinar la vulnerabilidad del área a provocar incidentes y accidentes personales, por último, las acciones implementadas por los profesionales para reducir la incidencia de percances.
- Investigación documental. Esta técnica se utilizó a efectos de determinar si se poseían documentos similares o relacionados con la problemática a investigar, a fin de no duplicar esfuerzos en cuanto al trabajo académico que se desarrolló; así como, para obtener aportes y otros puntos de vista de otros investigadores sobre la temática citada. Los documentos consultados se especifican en el acápite de bibliografía, que fueron obtenidos a través de las fichas bibliográficas utilizadas en el transcurso de la revisión documental.
- Entrevista. Una vez formada una idea general de la problemática, se procedió a entrevistar a los usuarios de las instalaciones y a los profesionales de los distintos departamentos académicos, a efectos de poseer información más precisa sobre la problemática identificada.

Con la situación más clara sobre la problemática de deficiente sistema de iluminación y con la utilización del método deductivo, a través de las técnicas anteriormente descritas, se procedió a la formulación de la hipótesis, a cuyo efecto se utilizó el método del marco lógico, que permitió encontrar la variable dependiente e independiente de la hipótesis, además de definir el área de trabajo y el tiempo que se determinó para desarrollar la investigación.

La hipótesis formulada de la forma indicada, dice: “el incremento de incidentes y accidentes personales en el corredor central de la Sede Central Zona 11 Universidad Rural de Guatemala, Guatemala, en los últimos 5 años; por deficiente sistema de iluminación, es debido a la inexistencia de plan de mejora mediante generación de energía eléctrica solar fotovoltaica”.

El método del marco lógico, permitió también, entre otros aspectos, encontrar el objetivo general y el específico de la investigación; asimismo facilitó establecer la denominación del trabajo.

Métodos y técnicas empleadas para la comprobación de la hipótesis.

Para la comprobación de la hipótesis, el método principal utilizado, fue el método inductivo, con el que se pudo obtener resultados específicos o particulares de la problemática identificada; lo cual sirvió para diseñar conclusiones y premisas generales, a partir de tales resultados específicos o particulares.

A este efecto, se utilizaron las técnicas que se especifican a continuación:

- Encuestas. Previo a desarrollar la entrevista, se procedió al diseño de boletas de investigación, con el propósito de comprobar las variables dependiente e independiente de la hipótesis previamente formulada. Las boletas, previo a ser aplicadas a población objetivo, sufrieron un proceso de prueba, con la finalidad, de

hacer más efectivas las preguntas y propiciar que las respuestas proporcionaran la información requerida después de ser aplicada.

- Determinación de la población a investigar. En atención a este tema, se decidió efectuar la técnica del muestreo estadístico para determinar la población efecto (variable Y), la cual dio como resultado a 75 elementos de estudio, con lo que se establece que el nivel de confianza es del 90% y el margen de error del 9.5%; en cuanto a la población causa (variable X) se efectuó un censo, puesto que las población identificada se componían de 5 elementos, por lo tanto, se determina que el nivel de confianza para este caso será del 100% y el margen de error de 0%.

Después de recabar la información contenida en las boletas, se procedió a tabularlas; para cuyo efecto se utilizó el método estadístico y el método de análisis, que consistió en la interpretación de los datos tabulados en valores absolutos y relativos, obtenidos después de la aplicación de las boletas de investigación, que tuvieron como objeto la comprobación de la hipótesis previamente formulada.

Una vez interpretada la información, se utilizó el método de síntesis, a efecto de obtener las conclusiones y recomendaciones del presente trabajo de investigación, el que sirvió además para hacer congruente la totalidad de la investigación, con los resultados obtenidos producto de la investigación de campo.

Técnicas.

Las técnicas empleadas, tanto en la formulación como en la comprobación de la hipótesis, se expusieron anteriormente; pero éstas variaron de acuerdo a la etapa de la formulación de la hipótesis y a la comprobación de la misma; así:

Como se describió en el apartado (1.5.1 Métodos), las técnicas empleadas en la formulación fueron: La observación directa, la investigación documental y las fichas

bibliográficas; así como la entrevista a las personas relacionadas directamente con la problemática.

Por otro lado, la comprobación de la hipótesis, se utilizó la encuesta, muestreo estadístico y el censo.

Como se puede advertir fácilmente, la encuesta estuvo presente en la etapa de la formulación de la hipótesis y en la etapa de la comprobación de la misma. La investigación documental, estuvo presente además de las dos etapas indicadas, en toda la investigación documental y especialmente, para conformar el marco teórico.

Resumen de resultados.

Con el fin de ofrecer a la Sede Central Zona 11 Universidad Rural de Guatemala, una solución viable a la problemática identificada, se presenta este informe que permite mejorar la iluminación en el corredor central, por medio de la energía renovable mediante los paneles solares fotovoltaicos y así disminuir los incidentes y accidentes a los usuarios que se movilizan en las instalaciones.

Resultado 1.

“Se cuenta con la Coordinación de Sede Central como Unidad Ejecutora”.

Se cuenta con unidad ejecutora a la Coordinación de la Sede Central Zona 11 Universidad Rural de Guatemala, los cuales deberán proporcionar los recursos necesarios, tanto técnicos como económicos, para dar cumplimiento al plan de mejora mediante generación de energía eléctrica solar fotovoltaica al sistema de iluminación, así como darle seguimiento y supervisar la ejecución correcta del proyecto.

La unidad ejecutora trabajará como ente supervisor en darle seguimiento a la ejecución, correcta del conjunto de actividades y sub-actividades que conllevan la implementación del proyecto.

A continuación se describe de forma breve el conjunto de actividades a desarrollar por la unidad ejecutora, esta son:

Actividad 1: Espacio físico.

Actividad 2: Material y equipo.

Actividad 3: Personal técnico.

Actividad 4: Recursos financieros.

Resultado 2.

Se elabora anteproyecto de mejora mediante generación de energía eléctrica solar fotovoltaica al sistema de iluminación en el corredor central.

La ejecución del anteproyecto, los estudios y el desarrollo de cada una de las actividades y sub-actividades que conlleven la implementación de cada uno de los equipos, accesorios principales y complementarios para el buen funcionamiento y puesta en marcha del sistema solar fotovoltaico, será responsabilidad de la empresa proveedora.

Los resultados del anteproyecto se dividen de las siguientes actividades:

Actividad 1. Características del sistema solar fotovoltaico.

Actividad 2. Adecuación del área para la instalación del equipo.

Actividad 3. Instalación de sistema solar fotovoltaico.

Actividad 4. Medición y pruebas del sistema solar fotovoltaico.

Actividad 5. Operación y puesta en marcha del sistema solar fotovoltaico.

Resultado 3.

Se formula programa de sensibilización al personal involucrado.

Actividad 1. Convocatoria de capacitaciones.**Actividad 2. Metodología.****Actividad 3. Temas a capacitar.****Conclusión:**

El incremento de incidentes y accidentes personales en el corredor central de la Sede Central Zona 11 Universidad Rural de Guatemala, es debido a la inexistencia de un sistema de generación de energía eléctrica solar fotovoltaica, que ayude en la iluminación del corredor de la sede universitaria.

Recomendación:

Implementar un sistema de energía eléctrica solar fotovoltaica, en la cual se logre disminuir los incidentes y accidentes personales en el corredor central de la Sede Central Zona 11 Universidad Rural de Guatemala.

II. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se comprueba la hipótesis “el incremento de incidentes y accidentes personales en el corredor central de la Sede Central Zona 11 Universidad Rural de Guatemala, Guatemala, en los últimos 5 años; por deficiente sistema de iluminación, es debido a la inexistencia de plan de mejora mediante generación de energía eléctrica solar fotovoltaica”, con el 90% de nivel de confianza y 9.5% de error para la variable Y (efecto), así como 100% de confianza y 0% de error para la variable X (causa).

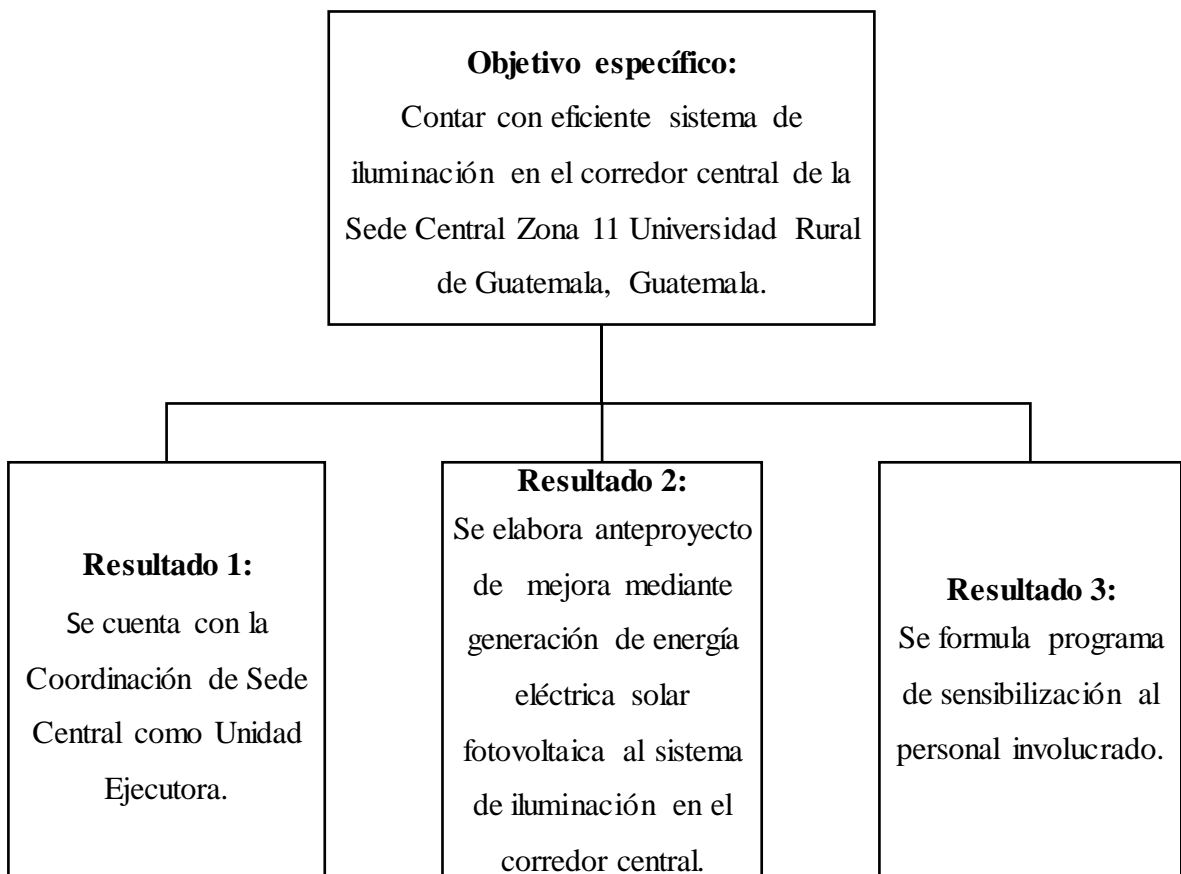
Por lo anterior se recomienda operativizar la solución de la problemática mediante la ejecución del plan de mejora mediante generación de energía eléctrica solar fotovoltaica al sistema de iluminación del corredor principal de la sede central de Universidad Rural de Guatemala.

ANEXOS

Anexo 1: Propuesta para solucionar la problemática.

Con el fin de ofrecer a la Sede Central Zona 11 Universidad Rural de Guatemala, una solución viable a la problemática identificada, se presenta este informe que permite mejorar la iluminación en el corredor central, por medio de la energía renovable mediante los paneles solares fotovoltaicos y así disminuir los incidentes y accidentes a los usuarios que se movilizan en las instalaciones, lo anterior se fortalece con el programa de sensibilización.

Diagrama del medio de solución de la problemática.



Resultado 1.

“Se cuenta con la Coordinación de Sede Central como Unidad Ejecutora”.

Actividad 1: Espacio físico.

La unidad ejecutora tendrá una oficina en la sede Central, ubicada dentro de las instalaciones de la Universidad Rural de Guatemala, con los servicios básicos y el equipo adecuado para realizar todos los mantenimientos y procesos que sean necesarios.

Actividad 2: Material y equipo.

El equipo a utilizar será trasladado del área de suministros hacia el lugar designado para la unidad ejecutora del proyecto.

- Escritorio y silla para oficina.
- Computadora de escritorio.
- Archivero con 3 gavetas de 60 x 50 cm con llave de color negro.

Actividad 3: Personal técnico.

Un Ingeniero con perfil siguiente: que sea Ingeniero Industrial con conocimiento en paneles solares.

Un Técnico con perfil profesional de Perito o Bachiller en Electricidad.

Actividad 4: Recursos financieros.

Se contará con el Departamento Financiero para asignar recursos económicos para el funcionamiento de la unidad ejecutora, además se contará también con donación de estudiantes.

Resultado 2.

Implementación del sistema solar fotovoltaico en instalaciones de corredor central de Sede Central zona 11, Universidad Rural de Guatemala.

La ejecución de la propuesta, los estudios y el desarrollo de cada una de las actividades y acciones que conllevan la implementación de cada uno de los equipos, accesorios principales y complementarios para el buen funcionamiento y puesta en marcha del sistema solar fotovoltaico, será responsabilidad de la unidad ejecutora, (Coordinación de la Sede Central); como también de la puesta en sitio de los equipos, herramienta y accesorios a utilizar para el desarrollo del proyecto.

Actividad 1. Características del sistema solar fotovoltaico.

Estas se describen a continuación y de manera detallada así como el funcionamiento correspondiente que tendrán en dicho sistema.

Acción 1: Descripción del sistema.

Lámparas fotovoltaicas. (Ver anexo 4.1).

Lámpara Led Vial (LED0398).

- Rango de voltaje (entrada) AC100-240V.
- Rango de Hertz 50/60 Hz.
- Temperatura de trabajo -20 a 45 C.
- Potencia Nominal (Amp) 0.65 A.
- Potencia Nominal (watts) 150W.
- Lúmenes totales emitidos 12000 lm.
- Hora de vida estimado 36,000 horas.

Características de lámparas fotovoltaicas. (Ver anexo 4.2).

La estructura suele estar compuesta de ángulos de aluminio, carril de fijación, triángulo, tornillos de anclaje (triángulo-ángulo), tornillo allen (generalmente de tuerca cuadrada, para la fijación del módulo) y pinza zeta para la fijación del módulo y cuyas dimensiones dependen del espesor del módulo.

Panel solar. (Ver anexo 4.3).

Modelo: AS-6P.

- Módulo Policristalino 5BB de 72 Celdas.
- Marco de aluminio aleación anodizado.
- Cables de 4mm.
- Caja de conexiones IP67, 3 diodos.
- El marco de aluminio soporta cargas de viento hasta 2400 Pa.
- Tolerancia de potencia positiva de 0 ~ + 3%.

Garantía:

- 12 años de garantía limitada del producto
- 30 años de potencia nominal de salida.

Inversor kW. (Ver anexo 4.4).

Inversor monofásico Sunny Boy 7.7-US, 240 voltios.

- Entrada DC: 7950 W.
- Salida AC: 7680 W.
- Rendimiento del 97.5%.
- Sistema de refrigeración mediante ventilador integrado.
- 2 puertos Ethernet.

Garantía:

- 5 a 10 años.

Estructura de soporte metálica, (soporte modular de aluminio). (Ver anexo 4.5).

Este sistema de montaje modular construido en aluminio ofrece una opción más duradera, dinámica y de fácil instalación debido a que permite instalar cualquier cantidad de paneles fotovoltaicos que parten de la combinación e interconexión de diferentes tipos de módulos.

El emplazamiento óptimo del módulo dará como resultado una mayor eficiencia del sistema solar fotovoltaico, la estructura en el corredor central de la Sede central de la Universidad Rural de Guatemala, se compone por las siguientes partes:

Accesorios y equipo eléctrico:

- Tubería EMT: se usará para la conducción y protección del cableado eléctrico.
- Cables THN: se usará con el fin de transmitir la energía eléctrica producida por los módulos fotovoltaicos al inversor, del inversor al sistema eléctrico de consumo y de conexión a la red, para impedir riesgos de cortocircuito, calentamiento excesivo, caídas de tensión, fallas a tierra e incendios.
- Tierra física: la puesta a tierra es el sistema que asegura que ante cual falla de aislamiento, las partes metálicas de todo tipo eléctrico descarguen la corriente eléctrica a tierras sin afectar al usuario o dispositivo que entre en contacto con el aparato eléctrico y así evitar que se dé una descarga eléctrica.
- Fijador de tierra física: sirve para fijar el cable de tierra física a la estructura de soporte, el sistema de colocación permite un buen contacto.
- Conector de riel o perfil: sirve para conectar un riel con otro dándole mayor fijación a toda la estructura.
- Conectores MC4: estos se colocarán en los extremos del cable solar cuando se requiera extender el cable fotovoltaico, ya que contienen doble aislamiento protección UV.
- Riel: perfil o riel de aluminio que sirve de soporte al panel solar.

Actividad 2. Adecuación del área para la instalación del equipo.

La adecuación del corredor Central de la sede Central en la Universidad Rural de Guatemala, se debe de realizar con una inspección del área, primero se deberá de remover todo lo que obstaculice para poder trabajar la instalación del sistema solar fotovoltaico sin ningún inconveniente.

Acción 1: Ubicaciones del equipo (panel solar; luminarias; sistema de acumulación energético).

La Universidad Rural de Guatemala se encuentra en 17 av. 17-80 zona 11 colonia las Charcas, la propuesta se realizará en el corredor Central de la sede Central de dicha universidad, puesto que es el área donde ocurren mayor incidentes y accidentes que son debidos a la falta de la iluminación.

Imagen 1. Ubicación Geográfica



Fuente: (GOOGLE EARTH, 2020)

Acción 2: Limpieza.

Para la implementación de generación eléctrica mediante sistema solar fotovoltaica en el corredor central de la sede Central de la Universidad Rural de Guatemala, se desocupará el área a trabajar primero se moverá el material que obstruya dicho corredor, segundo se adecuara el espacio, por último se realizará la instalación,

Acción 3: Adecuación física.

La nueva instalación y adecuación de lámparas fotovoltaicas se realizará en dos pasos:

- Inspeccionar el área, es un paso muy importante ya que observaremos el espacio donde se realizará la adecuación pertinente para la instalación, que en este caso será el corredor central de la Universidad.
- Adecuación del corredor, al tener ya realizada la inspección del sitio donde se hicieron los cambios a la infraestructura basada en las necesidades obtenidas en la inspección, como por ejemplo: cortar algunas ramas de árboles que obstaculizan la luminaria, mover de sitio algunos arbustos para dar pasos a fundiciones, tratamiento de tierra para instalar tierras físicas.

Actividad 3. Instalación de sistema solar fotovoltaico.

Las actividades que llevan a la instalación del sistema Solar Fotovoltaico. La instalación, pruebas y puesta en marcha del sistema, estarán a cargo de la Facultad de Ingeniería y será responsable de la construcción, conexión y montaje de todos los equipos y accesorios necesarios para ser funcional el sistema solar fotovoltaico, la cual será supervisada por la Coordinación de la Sede Central y la encargada de brindar el soporte necesario para la realización del informe final ante el distribuidor de energía eléctrica.

Acción 1: Cableado.

- Cableado DC (desde los módulos fotovoltaicos hasta inversor).
- Cableado AC (desde los inversores hasta tablero de distribución).
- Instalación de protección (flipones) DC y AC.
- Instalación de sistema de tierra física (todos los equipos y estructura).

Acción 2: Montaje e instalación de inversores al sistema.

Los inversores suministrados disponen de un manual de usuario específico que debe ser consultado antes y durante la instalación, Es obligatorio respetar todas las condiciones de instalación indicadas en el manual de cada modelo, con el objetivo de guardar las garantías.

Todos los inversores disponen como mínimo de una terminal positiva y una terminal negativa, el que se deben conectar los cables procedentes de los módulos fotovoltaicos o receptores de luz solar.

- Anclaje Mecánico a los postes.
- Conexión del lado CC (cables positivo y negativo desde módulos fotovoltaicos)
- Conexión de lado AC (cables de fase, neutro y tierra hacia la instalación eléctrica)
- Conexión de las comunicaciones con el CDP

Acción 3: Montaje de paneles y conexión al sistema.

Una vez instalada la estructura, se deben colocar los paneles o módulos fotovoltaicos esto lo dividiremos en dos partes.

- Instalación Mecánica, para fijar los módulos a los perfiles se debe empezar por un extremo de la fila y avanzar al siguiente, el primer módulo, se fija a la

estructura mediante 2 anclajes (llamados “Z”) en el lado exterior de la fila y 2 anclajes (llamados “T”) en el lado interior de la fila.

- Instalación Eléctrica, los módulos fotovoltaicos están equipados, en su parte posterior, con una caja de conexión y dos cables con conector tipo MC-4 diferenciados en función de su polaridad, positivo y negativo. Para la unión de cada una de las series únicamente los cables de los propios módulos deberán seguir la cadencia, (negativo del primer módulo con positivo del segundo y así sucesivamente).

Actividad 4. Medición y pruebas del sistema solar fotovoltaico.

Esta actividad se realiza con el fin de verificar la instalación física y eléctrica y el funcionamiento de cada uno de los elementos principales y complementarios que conforman el sistema solar fotovoltaico, para garantizar la instalación y una producción de energía eficiente.

Se deberá realizar la medición de voltaje de corriente directa, así como los cálculos de potencia y amperaje con la finalidad de verificar que el mismo este dentro de los parámetros establecidos.

Actividad 5. Operación y puesta en marcha del sistema solar fotovoltaico.

En esta etapa final del proyecto se deberá realizar las mediciones de corriente alterna, desde el área de medición comercial hasta el tablero de distribución principal.

Para terminar el proceso y verificación, se deberá encender el inversor de corriente, así se notará que el sistema solar fotovoltaico sincronice a la red eléctrica.

Resultado 3.

Se formula programa de sensibilización al personal involucrado.

Para facilitar este conocimiento se dan a conocer las siguientes capacitaciones que se deben de realizar una vez al mes con el fin de disminuir los incidentes y accidentes personales, dándole un buen uso y mantenimiento al sistema solar fotovoltaico y así comprender de mejor manera el funcionamiento de cada uno de los elementos que integran este sistema.

Actividad 1. Convocatoria de capacitaciones.

La convocatoria para las capacitaciones, están dirigidas a:

- Coordinadores de la Sede Central
- Catedráticos / Ingenieros
- Estudiantes de la Facultad de Ingeniería

Actividad 2. Metodología.

La metodología a utilizar será la siguiente:

- Charlas impartidas por personal capacitado en paneles solares.
- Talleres para una explicación más detallada.

Actividad 3. Temas a capacitar.

Los puntos más importantes para las capacitaciones son los siguientes:

- Seguridad e Higiene Ocupacional.
- Seguridad Industrial.
- Sistemas solares.
- Sistemas alternativos de generación eléctrica.
- Funcionamiento del sistema solar fotovoltaico
- Mantenimiento del sistema solar fotovoltaico.

Anexo 2. Matriz de estructura lógica.

Componentes del Plan	Indicadores	Medios de Verificación	Supuestos
<p>Objetivo general. Disminuir incidentes y accidentes personales en el corredor central de la Sede Central Zona 11 Universidad Rural de Guatemala, Guatemala.</p>	<p>Al primer año de ejecutada la propuesta, se disminuyen los incidentes y accidentes personales en el corredor central de la Sede Central Zona 11 Universidad Rural de Guatemala, en 75%.</p>	<p>Encuestas a usuarios del corredor central de la Sede Central Zona 11 Universidad Rural de Guatemala.</p>	<p>Las autoridades de Sede Central adoptan un programa de mantenimiento semestral a las instalaciones y reducir a cero los incidentes y accidentes.</p>
<p>Objetivo específico. Contar con eficiente sistema de iluminación en el corredor central de la Sede Central Zona 11 Universidad Rural de Guatemala, Guatemala.</p>	<p>Al primer año de implementada la propuesta, se cuenta con eficiente iluminación para el 100% de los usuarios del corredor central en horas de poca visibilidad en la Sede Central Zona 11 Universidad Rural de Guatemala.</p>	<p>Encuestas a usuarios del corredor central de la Sede Central Zona 11 Universidad Rural de Guatemala, fotografías.</p>	<p>El sistema de sistema de iluminación en el corredor central de la Sede Central Zona 11 Universidad Rural de Guatemala logra eficiencia en la reducción de incidentes y accidentes. Las autoridades locales implementan la propuesta en otras áreas necesarias de la sede.</p>
<p>Resultado 1. Se cuenta con la Coordinación de Sede Central como Unidad Ejecutora.</p>			

<p>Resultado 2.</p> <p>Se elabora anteproyecto de mejora mediante generación de energía eléctrica solar fotovoltaica al sistema de iluminación en el corredor central.</p>			
<p>Resultado 3.</p> <p>Se formula programa de sensibilización al personal involucrado.</p>			

Fuente: Castañeda Monterroso, L. I. 2019.

Anexo 3. Presupuesto.

Como se puede percibir en el anexo que a continuación se presenta, se enlistan los resultados y al mismo tiempo el costo unitario por cada uno de ellos, finalmente se detalla también el costo total de la propuesta para solucionar la problemática identificada en el árbol de problemas.

Presupuesto		
No. Resultado	Descripción	Costo unitario
1	Unidad ejecutora	Q.1,00.00
2	Implementación del sistema solar fotovoltaico en instalaciones de corredor central de Sede Central zona 11, Universidad Rural de Guatemala.	Q.7,500.00
3	Capacitación	Q.1,000.00
Total		Q.9,500.00

Anexo 4.Otros anexos.

Anexo 4.1 Lámparas fotovoltaicas.



Fuente: Luxlite, 2020.

Anexo 4.2 Características de lámparas

ESPECIFICACIONES TECNICAS DE FUNCIONAMIENTO

- Rango de Voltaje (entrada): AC100-240V
- Rango de Hertz: 50/60 Hz
- Temperatura de Trabajo: -20 a 45°C
- Humedad de Trabajo: 0% - 65%
- Factor de Potencia: 0.90
- Potencia Nominal (Amp): 0.65A
- Rango de Tolerancia: --
- Potencia Nominal (watts): 150w
- Lúmenes Totales Emitidos: 12000 lm

ESPECIFICACIONES LUMINICAS

- Rendimiento Lumínico: 80 lm/w
- Índice de Reprod. Cromática: >70
- Grados Kelvin: 6500k
- Color de Luz: Luz blanca
- Marca de Balastro: LUXLITE
- Marca de CHIP: EPISTAR

CARACTERISTICAS DEL PRODUCTO

- Cantidad y Tipo de CHIP: 3 LED COB
- Grados de Protección IP: IP65
- Ángulos de Iluminación: 120°
- Horas vida estimado: 36,000 Hrs.
- Material de luminaria: Aluminio
- Unidades por Caja: 1
- Aplicación 1: Avenidas
- Aplicación 2: Calles

ESPECIFICACIONES DE INSTALACION

- Aplicación 3: Parques
- Material del Balastro: Aluminio + Silicon
- Rango potencia nominal: 0.65A
- Dimensiones de luminaria: 660x235x130 mm
- Material de la base: Aluminio

Anexo 4.3 Panel Solar

Panel Amerisolar AS-6P - 330Wp - 72c



Especificaciones técnicas

Potencia Máxima (Pmax)	330W
Voltaje Nominal (Vmp)	37.4VCC
Corriente (Imp)	8.85A
Tensión en circuito abierto (Voc)	45.9VCC
Corriente en cortocircuito (Isc)	9.26A
Tensión máxima	1000VCC

Especificaciones Físicas

Tipo de celdas	Policristalinas
Estructura	3.2mm vidrio templado con recubrimiento AR
Marco	Aluminio anodizado
Dimensiones	1956x992x40mm
Peso Neto	22.5Kg

Especificaciones de temperatura

Condiciones de temperatura nominal	-40°C a +85°C
Temperatura (NOCT)	45°C
Coef. de temperatura de Pmax	-0.41% °C
Coef. de temperatura de Voc	-0.31% °C
Coef. de temperatura de Isc	+0.05% °C

Garantía de performance

90% de la potencia	12 Años
80% de la potencia	30 Años

Fuente: Enersac, 2020.

Anexo 4.4 Inversor



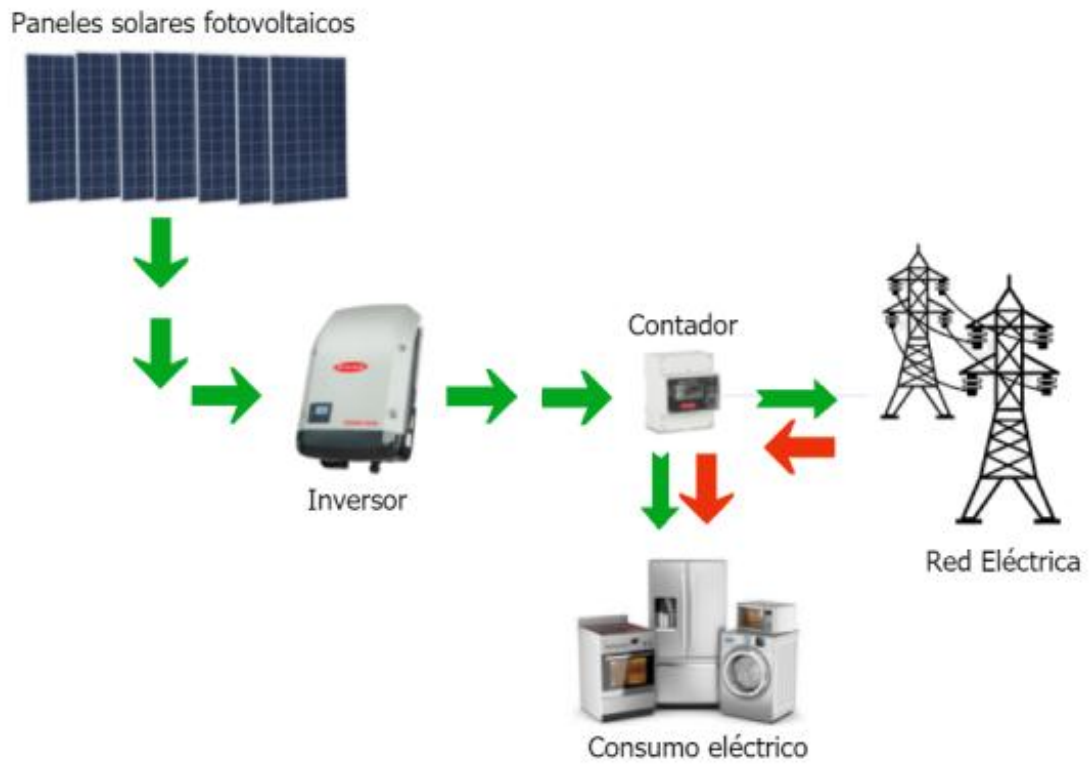
Fuente: Cubre pueblos, 2020.

Anexo 4.5 Estructura soporte modular de aluminio.



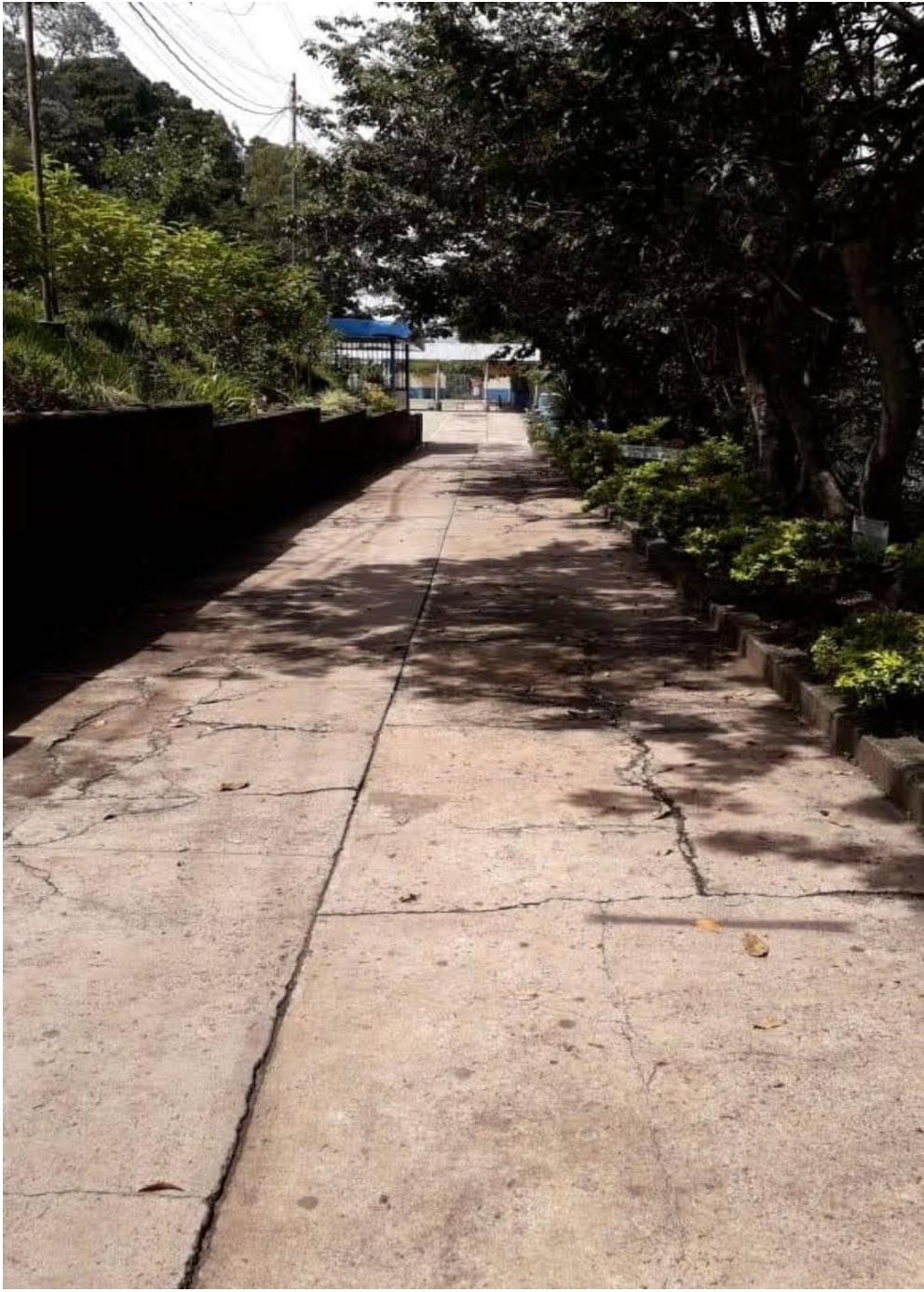
Fuente: Green Power, 2020.

Anexo 4.6 Conexión panel Solar



Fuente: (Godavisolar, 2020)

Anexo 4.7 Corredor Central de la sede Central Universidad Rural de Guatemala, con sentido al Sur.



Fuente: Castañeda Monterroso, L. I. 2020.

Anexo 4.8 Corredor Central de la sede Central Universidad Rural de Guatemala, con sentido al Norte.



Fuente: Castañeda Monterroso, L. I. 2020.