



UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE CUENCA

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA

INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

REDUCCIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO POR MEDIO DE LA

IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO EN EL

EDIFICIO DE POSGRADOS Y CIITT DE LA UCACUE

TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL

TÍTULO DE INGENIERO AMBIENTAL

AUTORES: BRYAN RENATO ULLOA LLIVICURA

OSCAR JAVIER SAMANIEGO CHILLOGALLI

DIRECTOR: ING. JAVIER CABRERA MEJÍA

CUENCA - ECUADOR

2021

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA

INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

REDUCCIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO POR MEDIO DE LA

IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO EN EL

EDIFICIO DE POSGRADOS Y CIITT DE LA UCACUE

TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL

TÍTULO DE INGENIERO AMBIENTAL

AUTORES: BRYAN RENATO ULLOA LLIVICURA

OSCAR JAVIER SAMANIEGO CHILLOGALLI

DIRECTOR: ING. JAVIER CABRERA MEJÍA

CUENCA - ECUADOR

2021

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO

DECLARATORIA DE AUTORIA Y RESPONSABILIDAD

Oscar Javier Samaniego Chillogalli portador(a) de la cédula de ciudadanía N° **0106003072** y **Bryan Renato Ulloa Llivicura** portador(a) de la cédula de ciudadanía N° **0105450449**. Declaramos ser los autores de la obra: **“REDUCCIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO POR MEDIO DE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO EN EL EDIFICIO DE POSGRADOS Y CIITT DE LA UCACUE”**, sobre la cual nos hacemos responsables sobre las opiniones, versiones e ideas expresadas. Declaramos que la misma ha sido elaborada respetando los derechos de propiedad intelectual de terceros y eximimos a la Universidad Católica de Cuenca sobre cualquier reclamación que pudiera existir al respecto. Declaramos finalmente que nuestra obra ha sido realizada cumpliendo con todos los requisitos legales, éticos y bioéticos de investigación, que la misma no incumple con la normativa nacional e internacional en el área específica de investigación, sobre la que también nos responsabilizamos y eximimos a la Universidad Católica de Cuenca de toda reclamación al respecto.

Cuenca, **12 de enero de 2022**



F:

Oscar Javier Samaniego Chillogalli

C.I. **0106003072**



F:

Bryan Renato Ulloa Llivicura

C.I. **0105450449**

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado bajo mi supervisión

A handwritten signature in blue ink is positioned above a solid horizontal black line. The signature is stylized and appears to be the name of the certifier.

Javier Bernardo Cabrera Mejia

DEDICATORIA

Dedico este proyecto de graduación a Dios, guía y padre de mi vida y mis metas; a mis padres y a mis hermanas, porque gracias a ellos soy quien soy hoy en la vida; y a mis más sinceros amigos, compañeros y demás personas que quiero y aprecio, los cuales me han dado todo su apoyo en este gran objetivo de hacer realidad un sueño.

Oscar Javier Samaniego Chillogalli

Este presente trabajo de tesis lo dedico con todo mi cariño.

A Dios principalmente por darme la oportunidad de vivir y darme la sabiduría para concluir mis estudios Universitarios y anhelo más deseado.

De manera muy especial a mis padres Agustín y Pilar que me dieron la vida y que nunca me han desamparado y han estado conmigo en las buenas y en las malas. Por su sacrificio y paciencia tienen un merecido reconocimiento de todo corazón, por apoyarme con una carrera para mi futuro y por creer siempre en mí, aun que hemos pasado momentos duros en la vida siempre han estado ahí apoyándome de manera absoluta.

A mi hermano Elvis y a mi sobrino Thiago, gracias por estar conmigo y apoyarme siempre en cada momento y darme las fuerzas, valor e inspiración para salir adelante.

A mi abuelita Zoila y a mis abuelitos que están en el cielo, por sus buenos consejos y su apoyo incondicional, por el cariño que me han tenido, gracias de corazón.

A mis tíos y tías que siempre han estado pendiente de mí, y me han brindado sus consejos y su apoyo incondicional en las buenas y en las malas.

Bryan Renato Ulloa Llivicura

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por permitirme llegar a cumplir este sueño; a mi familia quienes siempre me brindaron su apoyo incondicional, en especial a mi padre Fabián Samaniego por ser guía y consejero durante todo mi proceso universitario, a mi madre Juliana Chillogalli por siempre creer en mí y darme ánimos cuando más lo necesitaba, a mi abuela Josefina Farez quien siempre ha estado conmigo y a mis hermanas por darme fuerzas para seguir adelante; a mi tutor Ingeniero Javier Cabrera por su colaboración, dedicación y paciencia durante el proceso de este trabajo, a mi co-tutor Ingeniero Manuel Álvarez por su colaboración en el proyecto y culminación del mismo; a mis profesores por darme las herramientas y pautas para culminar con este trabajo; a la Universidad Católica de Cuenca que me abrió las puertas y en la que pase los mejores años de mi vida universitaria; y a todas aquellas demás personas que me colaboraron para que este proyecto se convirtiera en realidad; a todos mi más sincero agradecimiento.

Oscar Javier Samaniego Chillogalli

Quiero expresar mi agradecimiento a Dios, que con su bendición le da sentido a mi vida y a toda mi familia por estar presentes siempre conmigo.

Agradezco a mis padres y a mi hermano quienes han confiado en mí y han sido el pilar fundamental pese a las adversidades e inconvenientes que se presentaron en la vida.

Agradezco a mi familia, amigos y futuros colegas que me ayudaron de manera desinteresada, por contribuir con un granito de arena para que este sueño de finalizar esta meta propuesta se haga realidad, por su buena voluntad, gracias totales.

Mi profundo agradecimiento a la Universidad Católica de Cuenca, a toda la facultad de Ing. Ambiental y de manera especial a mis profesores quienes, con la enseñanza de sus excelentes conocimientos, me fueron formando e hicieron que pueda crecer como profesional, gracias a cada uno de ustedes por su dedicación, esfuerzo, paciencia, apoyo incondicional y sobre todo por su amistad.

De manera especial a mi tutor de tesis el Ing. Javier Cabrera, por haberme guiado durante este lapso de tiempo en la elaboración del presente trabajo de titulación, por haberme brindado su apoyo incondicional para desarrollarme como profesional y seguir cultivando mis valores.

Bryan Renato Ulloa Llivicura

RESUMEN

La actividad humana dentro de la industria provoca un gran impacto ambiental, el efecto más común es la emisión de CO_2 a la atmósfera, el sector urbano utiliza electricidad producida en hidroeléctricas, las cuales ocasionan repercusiones importantes al medio ambiente. Los paneles fotovoltaicos como alternativa para la generación de energía limpia son una opción idónea para los edificios de POSGRADOS y CIITT de la UCACUE, este sistema de energía fotovoltaica permite minimizar la huella de carbono (HC) originada en las instalaciones. Cuenca representa el 2% de la totalidad de emisiones de CO_2 originadas en el Ecuador, las emisiones producidas en la ciudad comprenden 6 sectores, transporte, industrial, residencial, residuos, comercial y agrícola. Los edificios de POSGRADO y CIITT con la implementación de un panel solar reducen $0,04753 t CO_2 eq$ de las emisiones generadas en la ciudad. Mediante un estudio experimental se evaluó un panel solar con sistema fotovoltaico monocristalino modelo GREEN ENERGY módulos EG-350M-72, con una potencia máxima de 350Wp. La demanda de energía en el CIITT 2020 fue de 45 494,04 kwh con una emisión total de $18,68 t CO_2 eq$ y en POSGRADOS 2020 fue de 144 158 kwh con una emisión total de $78,51 t CO_2 eq$, sustentándose en el análisis cuantitativo de radiación global en ambos puntos de estudio, se necesita un total de 1 155,88 paneles solares en el CIITT y 3 179,43 paneles solares en Posgrados para cubrir el 100% de la demanda eléctrica y así reducir la HC emitida.

Palabras clave: huella de carbono, panel solar, generación de energía, demanda eléctrica, radiación global

ABSTRACT

Human activity within the industry causes a great environmental impact, the most common impact is the emission of CO_2 into the atmosphere, the urban area uses electricity produced in hydroelectric plants, which generate a great environmental impact. Photovoltaic panels as an alternative for clean energy generation are implemented in the Postgraduate Department and the Center for Research, Innovation, and Technology Transfer (CIITT, in Spanish) of the Catholic University of Cuenca (UCACUE), intended to minimize the carbon footprint (HC) produced in these buildings. Cuenca represents 2% of the CO_2 emissions generated in Ecuador, the CO_2 emissions produced in the city are divided into 6 sectors, transportation, industrial, residential, waste, commercial and agricultural. The Postgraduate Department and the CIITT buildings with the implementation of a solar panel reduce 0.04753 $t CO_2$ eq of the emissions generated in the city, a solar panel with monocrystalline photovoltaic system model GREEN ENERGY modules EG-350M-72, with a maximum power of 350Wp was analyzed through an experimental study. The energy demand in the CIITT in 2020 was 45 494.04 kw/h with a total emission of 18.68 Ton CO_2 eq and in the Postgraduate Department was 144 158 kw/h with a total emission of 78.51 $t CO_2$ eq, based on the quantitative analyses of global radiation at both study points a total of 1 155.88 solar panels at CIITT and 3 179.43 solar panels at Posgrados are needed to cover 100% of the electrical demand and thus reduce the emitted HC.

Keywords: carbon footprint, solar panel, power generation, electricity demand, global radiation

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DECLARATORIA DE AUTORIA Y RESPONSABILIDAD _____	III
CERTIFICACIÓN _____	IV
DEDICATORIA _____	V
AGRADECIMIENTOS _____	VI
RESUMEN _____	VIII
ABSTRACT _____	IX
ÍNDICE DE CONTENIDOS _____	X
LISTA DE FIGURAS _____	XII
LISTA DE TABLAS _____	XIII
LISTA DE ANEXOS _____	XIV
CAPÍTULO I _____	- 1 -
1. INTRODUCCIÓN _____	- 1 -
2. PROBLEMA _____	- 4 -
2.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA _____	- 4 -
2.2 DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA _____	- 5 -
2.2.1 Definición de la zona de estudio _____	- 5 -
3. JUSTIFICACIÓN _____	- 6 -
4. OBJETIVOS _____	- 7 -
4.1 OBJETIVO GENERAL _____	- 7 -
4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS _____	- 7 -
CAPÍTULO II _____	- 8 -
5. REVISIÓN DE LITERATURA _____	- 8 -
5.1 HUELLA DE CARBONO. _____	- 8 -
5.2 EFICIENCIA ENERGÉTICA. _____	- 9 -
5.2.1 Eficiencia energética y energía solar. _____	- 9 -
5.3 PASOS A SEGUIR EN PROYECTOS DE MEDICIÓN DE HUELLA DE CARBONO C02 _____	- 9 -
5.4 EL EFECTO INVERNADERO EN EL MARCO DEL CAMBIO CLIMÁTICO _____	- 10 -
5.5 ENERGÍAS RENOVABLES _____	- 11 -
5.6 USO DE LA ENERGÍA SOLAR. _____	- 12 -
5.7 RADIACIÓN SOLAR. _____	- 12 -
5.8 TIPOS DE RADIACIÓN SOLAR SOBRE UNA SUPERFICIE. _____	- 12 -
5.9 PANELES SOLARES FOTOVOLTAICOS _____	- 14 -
5.10 ESPECIES VEGETALES QUE CAPTURAN C02 _____	- 16 -
5.11 CAPTURA DE CARBONO. _____	- 16 -
5.12 MARCO LEGAL _____	- 17 -
5.12.1 Constitución del Ecuador. _____	- 17 -
5.12.2 Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. _____	- 18 -
5.12.3 Acuerdo de París. _____	- 18 -
5.12.4 Ley de Gestión Ambiental. _____	- 19 -
CAPÍTULO III _____	- 20 -
6. MATERIALES Y MÉTODOS _____	- 20 -

6.1	METODOLOGÍA	- 20 -
6.2	UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.	- 24 -
6.3	MATERIALES Y MÉTODO	- 24 -
CAPÍTULO IV		- 26 -
7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN		- 26 -
7.1	CALCULO DE LA HUELLA DE CARBONO COMPENSADA CON UN PANEL SOLAR.	- 26 -
7.2	DEMANDA DE ENERGÍA ELÉCTRICA.	- 30 -
7.3	RADIACIÓN GLOBAL EN LAS ÁREAS DE ESTUDIO	- 33 -
7.4	GENERACIÓN DE ENERGÍA ANUAL DEL PANEL SOLAR EN BASE A LA RADIACIÓN INCIDENTE EN LOS EDIFICIOS DE POSGRADOS Y CIITT.	- 37 -
7.5	GRAFICAS DE POTENCIA VS TENSIÓN.	- 39 -
7.5.1	Posgrados 2020 Potencia vs Tensión.	- 39 -
7.5.2	Potencia vs Tensión Centro de Investigación Innovación y Transferencia de Tecnología (CIITT) 2020	- 40 -
CAPÍTULO V		- 41 -
8. CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO PRODUCIDA POR CONSUMO ELÉCTRICO.		- 41 -
8.1	CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO GENERADA POR CONSUMO ELÉCTRICO	- 41 -
8.1.1	Emisiones Posgrados 2019.	- 43 -
8.1.2	Emisiones Posgrados 2020.	- 44 -
8.1.3	Emisiones CIITT 2019.	- 46 -
8.1.4	Emisiones CIITT 2020.	- 48 -
9. CONCLUSIONES		- 53 -
CAPÍTULO VI		- 55 -
10. RECOMENDACIONES		- 55 -
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		- 57 -
BIBLIOGRAFÍA		- 57 -
ANEXOS		- 62 -

LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1. Fuente de generacion de GEI.....</i>	<i>- 11 -</i>
<i>Figura 2. Tipos de radiación.....</i>	<i>- 13 -</i>
<i>Figura 3. Funcionamiento del panel solar.....</i>	<i>- 15 -</i>
<i>Figura 4. Mapa de ubicación zonas de estudio</i>	<i>- 24 -</i>
<i>Figura 8. Generación de energía del panel solar vs la huella de carbono evitada</i>	<i>-29 -</i>
<i>Figura 9. Consumo de energía anual del año 2019 y 2020 en posgrados.</i>	<i>-31 -</i>
<i>Figura 10. Consumo de energía eléctrica anual en el CIITT en el año 2019 y 2020.</i>	<i>-32 -</i>
<i>Figura 11. Radiación global posgrados 2019.</i>	<i>-33 -</i>
<i>Figura 12. Radiación global posgrados 2020.</i>	<i>-34 -</i>
<i>Figura 13. Radiación global CIITT 2019</i>	<i>-35 -</i>
<i>Figura 14. Radiación global CIITT 2020</i>	<i>-36 -</i>
<i>Figura 15. Enero 2020 Posgrados.</i>	<i>- 39 -</i>
<i>Figura 16. Enero 2020 CIITT.</i>	<i>- 40 -</i>

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Horas de radiación solar año 2019.	- 26-
Tabla 2. Radiación global y energía generada por el panel solar en W año 2019.	- 26-
Tabla 3. Energía generada por el panel solar en Kwh.	- 27-
Tabla 4. Huella de Carbono evitada con un panel solar en el año de estudio.	- 28-
Tabla 5. consumo de energía eléctrica en posgrados en el año 2019.	- 30-
Tabla 6. Consumo de energía eléctrica en posgrados en el año 2020.	- 30-
Tabla 7. Consumo de energía eléctrica en el CIITT en el año 2019.	- 31-
Tabla 8. Consumo de energía eléctrica en el CIITT en el año 2020.	- 32-
Tabla 9. Radiación global en el edificio de posgrados en el año 2019.	- 33-
Tabla 10. Radiación global en el edificio de posgrados en el año 2020.	- 34-
Tabla 11. Radiación global en el CIITT en el año 2019.	- 35-
Tabla 12. Radiación global CIITT en el año 2020.	- 36-
Tabla 13. Generación de energía anual con un panel solar Posgrados 2019	- 41-
Tabla 14. Generación de energía anual con un panel solar Posgrados 2020	- 41-
Tabla 15. Generación de energía anual con un panel solar CIITT 2019	- 42-
Tabla 16. Generación de energía anual con un panel solar CIITT 2020	- 42-
Tabla 17. Consumo eléctrico en Posgrados de los años 2019 y 2020	- 42 -
Tabla 18. Consumo eléctrico en el CIITT de los años 2019 y 2020.	- 43 -
Tabla 19. Calculo de la huella de Carbono emitida en base al consumo eléctrico en el edificio de posgrados en los años 2019 y 2020.	- 46 -
Tabla 20. Calculo de la huella de Carbono emitida en base al consumo eléctrico en el edificio del CIITT en los años 2019 y 2020.	- 49 -
Tabla 21. Tabla resumen de la huella de carbono producida durante los años 2019 – 2020 en el edificio de Posgrados y el CIITT.	- 50 -
Tabla 22. Generación eléctrica anual con un panel solar fotovoltaico.	- 50 -
Tabla 23. Consumo eléctrico anual kwh en las dos zonas de estudio.	- 51 -
Tabla 24. Calculo de los paneles solares necesarios para cubrir la demanda eléctrica en las diferentes zonas de estudio.	- 51 -

LISTA DE ANEXOS

<i>Anexo 1. Tipo de panel solar empleado en este proyecto</i>	- 62-
<i>Anexo 2. Toma y almacenamiento de datos de radiación y energía generada.</i>	- 64-
<i>Anexo 3. Recolección de datos</i>	- 66-
<i>Anexo 4. Corriente vs Tensión Posgrados 2019</i>	- 67-
<i>Anexo 5. Corriente vs Tensión Posgrados 2020</i>	- 79-
<i>Anexo 6. Corriente vs Tensión Centro de Investigación Innovación y transferencia de Tecnología (CIITT) 2019</i>	- 90-
<i>Anexo 7. Corriente vs Tensión Centro de Investigación Innovación y Transferencia de Tecnología (CIITT) 2020</i>	- 102-

CAPÍTULO I

1. Introducción

La energía solar alude a la energía que se obtiene al capturar la luz y el calor que desprende el sol. Una de las denominadas energías renovables conocidas como energías limpias o verdes es la radiación solar que llega a la Tierra, la cual puede aprovecharse debido al calor que genera, así como por la absorción de la radiación (*Salazar, Pichardo, & Pichardo, 2016*).

El efecto fotovoltaico es la base del proceso donde las células fotovoltaicas convierten la luz solar en electricidad. Sin embargo, la luz solar está formada por fotones o partículas energéticas, cuando estos chocan contra una célula fotovoltaica pueden reflejarse o absorberse, es decir, solo los fotones absorbidos producen electricidad (*Cabezas, Franco, & Fasoli, 2018*).

El CO_2 es una de las principales causas del calentamiento global y un gran problema humano a la hora de afrontar el cambio climático, porque cualquier actividad, necesidad o producto relacionado con la satisfacción humana producen dióxido de carbono. La reducción de las emisiones es elemental para minimizar el impacto de las consecuencias que ha originado el dióxido de carbono en el planeta. Para ello, las plantas contribuyen a la absorción del CO_2 y generan oxígeno sin ningún problema. El intercambio ocurre durante la fotosíntesis, permitiendo a las plantas obtener energía de la luz solar, una reacción en la que absorbe CO_2 y libera oxígeno así el metabolismo vegetal ayuda a limpiar la atmósfera de los productos de combustión, cuyas principales fuentes son el tráfico rodado, el consumo de energía y la industria (*Arroyo & Miguel, 2019*).

Según el Global Carbón Project (GCP) en el 2019, mencionó que se suscitó un incremento de emisiones del 0,6% a nivel mundial, lo cual propició un aumento de concentraciones de dióxido de carbono en la atmósfera, colaborando al cambio climático (*UNIVERSO, 2019*).

El dióxido de carbono, uno de los principales compuestos asociados al efecto invernadero, durante el año 2020 redujo sus emisiones en un 7% a escala mundial, debido a que gran parte de las actividades que producían CO_2 se suspendieron a causa de la pandemia por COVID-19; tales como: la actividad industrial, los viajes aéreos y terrestres. Del mismo modo, se presentó una disminución relevante en la generación de energía eléctrica durante el periodo (*Roa, 2020*).

A nivel de Latinoamérica y el Caribe se han manifestado varios efectos como consecuencias del calentamiento global, entre estos se encuentran: las inundaciones, la erosión de las playas, el blanqueo de los corales y las nuevas condiciones que experimentan los puertos costeros de la región, lo cual afecta a sus operaciones y la seguridad en las obras. Por esta razón, la Comisión Económica para América Latina y el Caribe se empeñan en tratar de reducir la huella de carbono en la actividad económica. Como bien se conoce que todo el proceso que conlleva a producir un bien hasta que llega a las manos del usuario final y ocasiona Gases de Efecto Invernadero (GEI); por ende, para reducir el impacto que genera este problema se ha determinado cómo calcular la huella de carbono para conocer nuestra huella ambiental y así actuar de forma oportuna (CEPAL, 2015).

Entre las principales fuentes responsables de emisiones de GEI en América Latina y el Caribe, se encuentran la fermentación entérica y la aplicación de fertilizantes sintéticos durante la agricultura, y la electricidad. Algunas investigaciones expusieron que en América generó un 5% de emisiones mundiales de gases de efecto invernadero a lo largo del año 2016 (CNN en Español, 2017).

Por otra parte, en el año 2019, Ecuador tuvo emisiones de 40.700 kilotoneladas, las cuales representaron una disminución de 1,133 kilotoneladas, respecto al año anterior. Estos valores ubicaron al país en el puesto 119 de 184 de la lista de países por emisiones de CO_2 (Dominica, 2019).

Con respecto a la huella de carbono en Ecuador se determinó para el 2019 un valor de 643,86 tCO_2e . Mientras que, para el 2020 se presentó un descenso a 500,49 tCO_2e en las emisiones producidas, por lo tanto, disminuyó en un 22,27%. Cabe destacar que la huella de carbono del país se calculó empleando metodologías mundialmente reconocidas como ISO 14064/14065 Y GHG, donde se identifican las fuentes de emisión más importantes (Cámara de Comercio de Quito, 2021).

De acuerdo a un informe efectuado en el 2016 en la ciudad de Cuenca, expuso que las fuentes de emisiones contaminantes provienen del sector de transporte (55%), seguido por el sector industrial (16%) y residencial (15%); también englobaban los residuos (10%), el sector comercial (4%) y las actividades agrícolas (1%) (Regional, 2018).

Por lo tanto, la huella de carbono en la ciudad fue de 1`500,133 tCO_2e ; es decir, figura un 2% de las emisiones de todo el Ecuador (CGA, 2018). Cuenca ha tomado

acciones para tratar de reducir el indicador ambiental, a través de propuestas como proyectos de movilidad sustentable, uso eficiente de energía eléctrica; de manera especial, el manejo integral de residuos sólidos (*Latina, 2018*).

Con estos antecedentes, la investigación presenta una metodología que permitirá implementar un sistema de energía solar fotovoltaico para compensar o disminuir la huella de carbono (HC). Para el estudio se considerará el área de Posgrados y el Centro de Investigación, Innovación y Transferencia de Tecnologías (CIITT) de la Universidad Católica de Cuenca, misma que al disponer de la infraestructura de sistemas fotovoltaicos, facilitará la medición de las variables a analizar, como: radiación solar, corriente, voltaje y potencia de generación.

2. PROBLEMA

2.1 Formulación del problema

El crecimiento de la población, el impacto de las acciones del ser humano en su día a día y las diversas actividades en las industrias se han convertido en un foco de emisiones atmosféricas, las cuales dejan secuelas de contaminación en el ambiente, denominadas huella de carbono (*Torres, Carbo, & López, 2017*).

Varios estudios llevados a cabo por universidades a nivel internacional han detectado que los diferentes actores que intervienen en este sector contribuyen a crear emisiones de CO_2 , debido al consumo energético, uso de combustible, empleo de recursos naturales, materiales de construcción y residuos sólidos generados en las actividades diarias en la academia. Como es el caso de la Universidad Noruega de Ciencia y Tecnología, la cual reportó una huella de carbono de $4.6 \text{ t } CO_2e$ para el año 2017; del mismo modo, la Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano reveló un valor de $1688.36 \text{ t } CO_2e$ durante el periodo 2015 (*Manso, Parrado, & Aristizábal, 2017*).

Conforme al informe del Proyecto Huella de Ciudades desarrollado por el Banco de Desarrollo de América Latina, en el cantón Cuenca en el año 2016 la huella de carbono registrada fue de $1'500\ 133 \text{ t } CO_2eq$ que representa cerca del 2% de las emisiones del Ecuador (*Banco de Desarrollo de América Latina, 2018*).

Por lo expuesto con anterioridad se ha identificado la necesidad de realizar un análisis de la cantidad de huella de carbono generada dentro del edificio de Posgrados y el CIITT de la Universidad Católica de Cuenca, en vista de que se encuentran ubicados en el sector del parque industrial de la ciudad, zona donde se concentra la mayor carga contaminante (*Moscoso, Astudillo, & Morales, 2018*).

Por lo general, cualquier actividad, producto o servicio asociado con la satisfacción humana tiene una correspondencia en dióxido de carbono y los edificios analizados no son la excepción; cada día los estudiantes, docentes y personal administrativo o de limpieza que realizan sus actividades dentro de estas instalaciones producen cierto impacto ambiental conjuntamente con las emisiones de GEI de la ciudad, poco a poco contribuyen al aumento del calentamiento global, alterando el frágil equilibrio en la tierra (*Vilches, Dávila, & Varela, 2015*).

Por lo tanto, mediante este estudio se pretende plantear propuestas relacionadas a energías renovables con base a las variables analizadas respecto a la huella de carbono en las edificaciones, con el fin de ayudar a reducir el proceso de cambio climático y las consecuencias que conlleva esta condición.

2.2 Delimitación del problema

Los aspectos que intervienen en el cálculo de la huella de carbono son algunos (límites, datos de la actividad, factores de emisión); sin embargo, a causa de la disponibilidad de datos y equipos se ha considerado trabajar con valores de consumo eléctrico, radiación solar, corriente, voltaje y potencia de paneles solares y tipos de árboles (eucalipto, álamo, pino) que permitan utilizarse en la zona, con la finalidad de reducir la huella de carbono.

2.2.1 Definición de la zona de estudio

El edificio Campus de Posgrados Estancia Luis Cordero El Grande, Universidad Católica de Cuenca se encuentra en el sector del parque industrial del Cantón Cuenca, junto a la vía principal pavimentada camino a Patamarca, entre las vías Cojimíes y Huamboya, ubicado aproximadamente a 450 *mts* de la fábrica del grupo Adheplast S.A, una empresa de pegamentos, pinturas.

Por otra parte, el Centro de Investigación, Innovación y Transferencia de Tecnología se localiza en la parroquia Ricaurte del cantón Cuenca en la vía a Bibin, circundada por Miguel Uzhca y Ricaurte - El Guabo, diagonal a 700 *mts* de Plásticos Rival y frente a 500 *mts* de Dipor Toni, compañía que comercializa y distribuye productos de consumo masivo, de reconocidas marcas ecuatorianas y extranjeras líderes en el mercado ecuatoriano.

Ambos edificios se eligieron porque cuenta con todos los materiales tecnológicos suficientes para realizar las pruebas demandadas en la presente investigación. Cabe destacar que el estudio permitirá reducir la huella de carbono y optimizará los recursos disponibles.

3. Justificación

El presente proyecto se origina a raíz de los objetivos de desarrollo sostenible (ODS), en particular del número 7 (energía asequible y no contaminante) y 11 (ciudades y comunidades sostenibles). La necesidad de invertir en energías limpias es cada vez mayor, debido a la demanda creciente de energía proveniente de combustibles fósiles, donde alrededor del 60% de gases de efecto invernadero son el resultado de este proceso, desencadenando cambios drásticos en el clima del planeta (*Organización de las Naciones Unidas, 2015*).

Por ello, mediante el uso de energías no contaminantes como paneles solares fotovoltaicos, se busca reducir el consumo eléctrico del foco principal, el cual es generado por fuentes hidroeléctricas.

Este proyecto innovador contribuirá a mejorar la eficiencia de los recursos energéticos en las empresas y hogares, quienes emplean constantemente una gran cantidad de electricidad para sus actividades domésticas y productivas; con la implementación de un sistema de energía eficiente se reducirá hasta un 14% el consumo de energía eléctrica habitual.

De la misma forma, el estudio tendrá un impacto positivo para el medio ambiente y proporcionará una mejor calidad de vida para futuras generaciones. Con respecto al ámbito social brindará las herramientas necesarias a los profesionales, quienes tendrán un enfoque más seguro y sostenible al momento de construir viviendas o edificaciones, en especial en las zonas aledañas que se encuentran en plena expansión. La visión de este proyecto se basa en reducir la huella de carbono que se produce en el día a día dentro del edificio de Posgrados y el CIITT, mediante la implementación de energías más limpias con la utilización de paneles fotovoltaicos para satisfacer la demanda energética a través de una fuente de energía renovable, inagotable y limpia.

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo general

Formular una propuesta para reducir la huella de carbono en el edificio de Posgrados y CIITT de la UCACUE mediante la implementación de un sistema fotovoltaico.

4.2 Objetivos específicos

- Calcular la huella de carbono compensada con un panel solar
- Analizar la situación actual de las variables relacionadas a la generación de huella de carbono.
- Determinar las emisiones producidas por el consumo eléctrico en el edificio de Posgrados y CIITT
- Presentar la propuesta del sistema de energía fotovoltaico acorde a las necesidades de las edificaciones para reducir la huella de carbono.

CAPÍTULO II

5. Revisión de literatura

5.1 Huella de Carbono.

La huella de carbono es una medida que cuantifica el impacto de todos los gases de efecto invernadero producidos por una serie de actividades (individuales, colectivas, eventuales y de los productos) en el medio ambiente. Se refiere al dióxido de carbono equivalente a gases de efecto invernadero, originados diariamente por la quema de combustibles fósiles destinados a la producción de energía, calefacción, transporte, entre otros procesos (*Schneider & Samaniego, 2009*).

Al calcular la huella de carbono se encuentran algunas variables que influyen al momento de determinar el valor, tales como: los límites de la organización y operativos (áreas que se incluyen en los cálculos y fuentes emisoras relacionadas a las operaciones dentro de las mismas), el periodo de cálculo, datos de la actividad (consumo eléctrico) y factores de emisión (Gobierno de España, 2017).

En relación a las variables que se pretenden analizar en el estudio, se detallan a continuación:

- Energía producida: alude a la potencia de generación en vatios, suscitada por paneles solares fotovoltaicos, los cuales capturan la luz del sol, desencadenando la liberación de energía por medio de los electrones hallados en las células de silicio, convirtiéndose en electricidad (*Arencibia, 2016*).
- Consumo eléctrico: emisiones asociadas al consumo eléctrico, basadas en el factor de emisión atribuible a la empresa de servicio eléctrico para el año de cálculo. No obstante, habrá de tomarse en cuenta el origen de la electricidad (Gobierno de España, 2017).
- Radiación solar: por medio de esta variable se establece el dato promedio de horas de radiación solar para obtener la energía generada por el panel solar en Kwh (*Tipán & Torre, 2021*).
 - Corriente vs tensión: frecuencia pico generada en w del panel solar, revela cuanto CO_2 equivalente se va a reducir o compensar.
 - Potencia vs tensión: revela la corriente y el voltaje que se suscita en el panel solar a causa de la radiación incidente.

5.2 Eficiencia energética.

Se define como el hecho de consumir menos energía de lo habitual; es decir, consiste en reducir el consumo energético mediante acciones específicas, conservando el mismo nivel de confort, en otras palabras, la eficiencia energética alude a la optimización máxima de la cantidad de energía necesaria para satisfacer un requerimiento sin afectar la calidad, reemplazando un dispositivo por otro, con el mismo beneficio, consume menos electricidad. Por tanto, no implica un cambio en los hábitos de consumo (el comportamiento de los usuarios sigue siendo el mismo), sino un menor gasto de energía para realizar el mismo servicio (ITC, 2008).

5.2.1 Eficiencia energética y energía solar.

Es fundamental considerar la eficiencia de fuentes de energía alternativas, sostenibles y renovables, como la energía solar.

La energía solar es lo suficientemente eficiente como para marcar la diferencia, dado que, esta energía se produce a partir de fuentes renovables, cualquier cantidad de energía que se pueda generar es de gran ayuda para las personas y el medio ambiente. Para maximizar la eficiencia de la energía solar, se han tomado como referencia los paneles solares, que son dispositivos que recolectan energía del sol para su uso. Las mejoras se han realizado principalmente mediante la implementación de nuevas técnicas y el empleo de materiales de mejor calidad (Certificado de Eficiencia Energética, 2014).

Otra forma de medir la eficiencia de los paneles solares es a través de la determinación de la densidad energética esta variable se mide mediante la producción de electricidad por unidad de área, cuanto más eficiente es el panel solar, más vatios genera por metro cuadrado (Certificado de Eficiencia Energética, 2014).

5.3 Pasos a seguir en proyectos de medición de huella de carbono CO₂

1. Medición de las emisiones de GEI: esta actividad corresponde al cálculo de emisiones de GEI o de CO₂eq, ya sea de un producto u organización, para ello, se han desarrollado diversas herramientas (programas avanzados o calculadoras de HC más simples), que miden directamente la HC sin embargo, estos programas requieren de información de insumo, que se obtiene por medio de inventarios que registran el control de los Gases de Efecto Invernadero de la etapa útil de una organización o producto, o bien, más específicamente el consumo energético de cada sector, sistemas o equipos que se consideren en el

alcance de un proyecto, como es el caso de este estudio (Morena, 2016).

2. Limitación y reducción de las emisiones de GEI: posterior a la medición de HC, se procede a definir la manera de cómo limitar y reducir las emisiones de GEI. Por lo regular, comprende la implementación de diseños más óptimos, materiales menos contaminantes, nuevas tecnologías de eficiencia energética u otras estrategias de reducción de emisiones (Morena, 2016).
3. Compensación de las emisiones de GEI: paralelo a la actividad de reducción de emisiones de GEI, también se implementa la actividad de compensación relacionada a las emisiones, esta es una forma de equilibrar aquellas emisiones que no pueden ser reducidas directamente por medio de las medidas tomadas en la actividad anterior, por lo tanto, se pueden adoptar actividades ecológicas como la siembra de árboles o participar en proyectos de resarcimiento de emisiones (PCE), como compras verdes, con el propósito de compensar y neutralizar el impacto generado (Morena, 2016).
4. Comunicación de los resultados: finalmente, se exponen los hallazgos obtenidos del estudio y metodología aplicada. Es importante comunicar los resultados, con la finalidad de concientizar y motivar a los involucrados, así como, para mejorar la imagen corporativa de una empresa o institución, asociado a la comunicación de resultados se encuentran las etiquetas verdes o sellos ecológicos, que llevan algunos productos certificados, los cuales son sinónimo de sostenibilidad y de beneficios ambientales (Morena, 2016).

Estas actividades se exhibieron de forma general, pero son la base para calcular la Huella de Carbono en un proyecto, para trabajar con una metodología específica es importante tomar en cuenta las situaciones individuales de cada lugar de estudio, en el caso de edificios existentes, las posibilidades de modificarlos son demasiado limitadas, por lo que es relevante evaluar las características propias del edificio, para obtener un panorama más apropiado dentro del mismo, primordialmente desde el punto de vista energético.

5.4 El efecto invernadero en el marco del cambio climático

El calentamiento global es un fenómeno en el que algunos gases retienen parte de la energía liberada por la Tierra después de ser calentados por la radiación solar, por ende, se produce un efecto de calentamiento similar al que se origina en un invernadero,

al aumentar la temperatura. El efecto invernadero es el resultado de diversos componentes de la atmósfera del planeta, el proceso de calentamiento de las últimas décadas ha sido enfatizado por la acción humana, sumado a esto la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) como: el dióxido de carbono, metano, óxido nitroso y gases fluorados, Las emisiones de gases de efecto invernadero han aumentado drásticamente desde la época preindustrial, con un aumento del 70% entre 1970 y 2004 (Feijo, 2016).

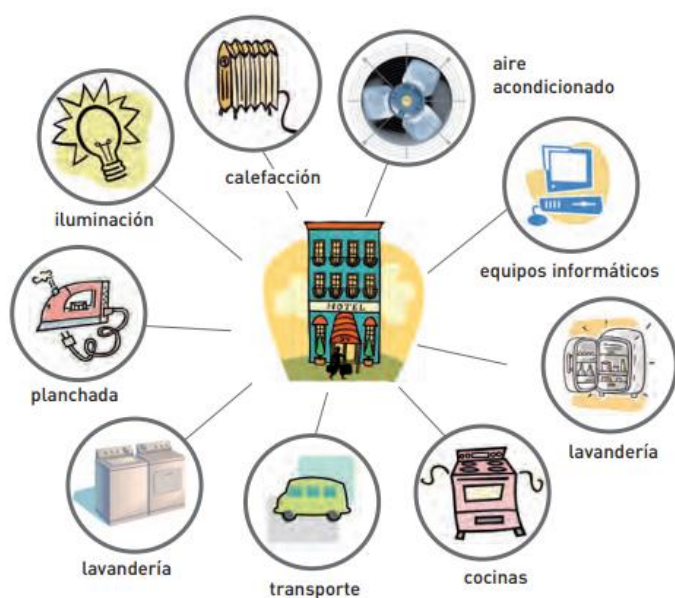


Figura 1. Fuente de generacion de GEI

Fuente: (Jiménez, 2007).

En la figura 1 observamos las principales fuentes de generación de GEI dentro de un edificio donde el uso de la electricidad es la mayor causante de emisiones de Huella de Carbono (HC), seguida del uso de combustibles fósiles.

5.5 Energías renovables

Bajo el nombre de energías renovables o alternativas, se agrupan un conjunto de fuentes de energía que en ocasiones no son nuevas, como la leña o las centrales hidroeléctricas, y no siempre se utilizan de forma indiscriminada. Las concentraciones y su impacto en el medio ambiente pueden ser importantes, como embalses para uso hidroeléctrico. Actualmente aportan el 20% del consumo mundial (las estadísticas a menudo no reflejan su peso real), su potencial es enorme, aunque se han manifestado varias dificultades, que han limitado su crecimiento y desarrollo. A excepción de la energía geotérmica, todas las energías renovables se derivan directa o indirectamente de la energía solar; en forma directa como es el caso de la luz y el calor de la radiación solar y de manera indirecta como: la energía eólica, hidráulica, mareas, olas y biomasa, entre otras (Santamarta, 2004).

5.6 Uso de la energía solar.

Por razones económicas, ambientales y políticas es necesario buscar fuentes de energía alternativas que tengan un bajo costo, sean abundantes, limpias y que mantengan el equilibrio ecológico. La energía solar es opcional, se pueden fabricar dispositivos solares de cualquier tamaño brindando la posibilidad de llevar energía a viviendas aisladas e invernaderos donde no se pueden instalar proyectos convencionales, y por lo tanto se puede electrificar el 100% del país (*Shyam, 2005*).

Entre estos beneficios se pueden señalar:

- El sol envía energía las 24 horas del día, los 365 días del año al planeta Tierra.
- Es gratis y está disponible.
- Sin contaminación.
- Ocupa menos superficie por vatio de potencia de salida (*Shyam, 2005*).

5.7 Radiación solar.

El sol genera energía a través de reacciones de fusión nuclear que tienen lugar en su centro esta energía se denomina radiación solar y viaja como radiación electromagnética, llegando a la atmósfera de la Tierra como un conjunto de ondas electromagnéticas, el fenómeno atraviesa la atmósfera antes de llegar a la superficie de la Tierra y es transportada por el aire, suciedad, vapor de agua, aerosoles y otros elementos de la capa atmosférica. Estos cambios varían según las propiedades ópticas y se dividen en: reflexión (nubes), absorción (ozono, oxígeno, dióxido de carbono, vapor de agua) y difusión (polvo, aerosoles, gotitas y agua) (*Adler, Berardi, García, Monticelli, & Morquecho, 2013*).

5.8 Tipos de radiación solar sobre una superficie.

La radiación solar en la superficie de la Tierra muestra cambios a lo largo del tiempo, algunos aleatorios como la nubosidad; otros predecibles como los cambios estacionales o el día y la noche debido al movimiento de la Tierra. La radiación solar en el receptor se clasifica en tres componentes: directa, difusa y reflejada (*Adler, Berardi, García, Monticelli, & Morquecho, 2013*).



Figura 2. Tipos de radiación.

Fuente: (Narva, 2020).

En la figura 2 tenemos que la **Radiación directa**: radiación que proviene directamente del sol. **Radiación difusa**: radiación que proviene de la atmósfera, al esparcir alguna radiación solar en ella en los días más soleados sin nubes, este tipo de radiación puede representar alrededor del 15% de la radiación total, pero en los días nublados cuando la cantidad de radiación directa disminuye, este tipo de radiación aumenta significativamente. **Radiación reflejada**: es el "rebote" de la radiación procedente de la superficie terrestre, la cantidad de este tipo de radiación depende de la denominada reflectividad superficial o "albedo". Solo las superficies verticales (perpendiculares a la superficie de la Tierra) reciben esta radiación (Hernandez, 2014).

5.9. Sistema fotovoltaico

Un sistema fotovoltaico se encuentra conformado por varios elementos que generan energía eléctrica desde la radiación solar, este sistema puede originar la cantidad de energía que desee, no obstante, existen algunas restricciones en el ámbito económico. Por lo que, se necesita un conglomerado de equipos integrados para efectuar 3 funciones básicas: transformar de forma directa y eficiente la energía solar en energía eléctrica, reservar la energía producida y entregar esta energía almacenada a los consumidores (Vega & Ramírez, 2014).

5.9.1 Tipos de sistemas fotovoltaicos

Las instalaciones solares fotovoltaicas se segmentan en dos grandes grupos: sistemas aislados y sistemas conectados a la red eléctrica. Empero, también existen los sistemas híbridos (Instituto Tecnológico de Canarias, 2008).

- Sistema fotovoltaico conectado a la red: este tipo de sistema se instalan en zonas que cuentan con red eléctrica; son llamativos para sectores urbanos cercanos a la red eléctrica comúnmente, generan energía eléctrica por paneles solares, no requieren de baterías, debido a que transforman la energía producida por los paneles, a través de un inversor y la transfiere a la red convencional (Jeri & Sacha, 2017).
- Sistema fotovoltaico aislado: se encuentra integrado por paneles solares, los cuales crean energía, misma que se almacena en las baterías, para en lo posterior distribuir la energía acumulada en su interior (Jeri & Sacha, 2017).
- Sistema fotovoltaico híbrido: son aquellos que disponen de paneles fotovoltaicos para recolectar energía, además emplean otro sistema auxiliar para producir energía, con el propósito de incrementar la confiabilidad de la instalación (Cieza, 2017).

5.9 Paneles solares fotovoltaicos

Un módulo fotovoltaico es un panel formado por una serie de células solares que convierten los fotones de la luz solar directa en electricidad, la producción real depende del nivel de iluminación, cuanta más luz captura, mayor es la potencia en toda la celda. En los paneles solares fotovoltaicos, los grupos de células están conectados eléctricamente entre sí, bloqueados y fijados a una estructura o pilar (*Rivas, 2020*).

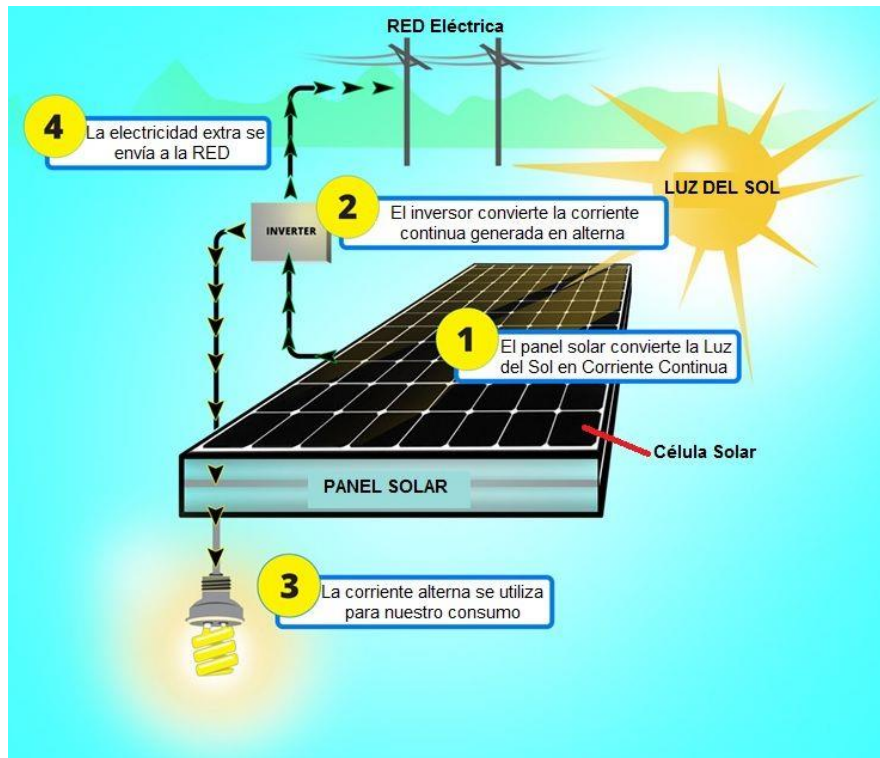


Figura 3. Funcionamiento del panel solar.

Fuente: (Rodríguez E. , 2021)

En la figura 3 tenemos la forma en que el panel solar transforma la energía del sol en energía eléctrica para nuestro consumo, primero la luz solar llega al panel en donde las células fotovoltaicas se encargan de transformar esa luz solar en energía, luego toda esa energía pasa por un inversor que convierte la energía continua generada por el panel solar en energía alterna para nuestro uso, y la electricidad extra o que no usamos se inyecta a la red eléctrica.

Eficiencia de paneles solares fotovoltaicos

La eficiencia de los paneles solares se fundamenta en la capacidad de conversión de energía luminosa a energía eléctrica. La teoría expuesta por Shockley y Queisser, titulada "teoría de balance"; menciona que la corriente generada por una celda fotovoltaica se encuentra definida por la diferencia de la cantidad de fotones que son absorbidos entre el número de fotones que son emitidos por el panel, en el caso de silicio monocristalino o silicio policristalino, el grado de eficiencia es del 30% al 31%, cuando la radiación solar es de AM 1.5. Se puede señalar que al elegir un panel fotovoltaico se deben valorar tres factores que pueden incidir en la producción de energía: el tamaño, la eficiencia y la cantidad de radiación electromagnética que incide sobre el mismo (Torres, Jurado, Granados, & Lozano, 2018).

5.10 Especies vegetales que capturan CO_2

El árbol más eficaz para absorber CO_2 es el eucalipto entre las especies más destacadas del Ecuador. Cerca de 29,9 toneladas de este gas pueden ser capturadas por eucalipto por cada hectárea por año (FAO, 2010). Seguido del árbol de álamo y pino.

Aída Baldini, directora de Bosques de la Conaf (Empresa Nacional Forestal de Chile), destaca la importancia de contar con esta información al señalar que “a medida que mejoremos las plantaciones y el uso de especies, absorberemos más carbono. De ahí la importancia de saber cuánto cada especie y cada bosque puede apresar. Los árboles que más crecen son los que más CO_2 capturan en la madera, que es característico de los eucaliptos, con una alta tasa de crecimiento anual.

Si bien el eucalipto consume grandes cantidades de agua, es un recurso escaso, los expertos destacan que no se puede considerar que la promoción de su cultivo tenga un efecto negativo (Luis, 2016).

5.11 Captura de Carbono.

Los árboles absorben dióxido de carbono de la atmósfera, así como elementos del suelo y el aire para convertirlos en la madera que contiene carbono que forma parte de sus troncos y ramas, la cantidad de CO_2 que gana un árbol en un año consiste solo en el pequeño aumento anual que ocurre en la biomasa del árbol (madera) multiplicado por la biomasa que contiene carbono del árbol (Luzardo, 2016).

Las plantas absorben dióxido de carbono (CO_2) en la atmósfera mediante la fotosíntesis y lo almacenan como materia orgánica (biomasa de madera). El (CO_2) regresa a la atmósfera a través de la respiración de plantas y árboles y mediante la descomposición de la materia orgánica muerta en el suelo (oxidación). Para calcular el secuestro de carbono, es necesario saber cuánto tiempo tarda un bosque en madurar. Las tasas de captura de carbono varían según el tipo de árbol, el suelo, el terreno y las prácticas de manejo forestal, la acumulación de carbono en los bosques finalmente alcanza un punto de saturación, después de la captura de carbono se vuelve imposible. El punto de saturación ocurre cuando la planta ha alcanzado la madurez y el desarrollo completos, las actividades de secuestro de carbono deben continuar, incluso después de que se haya alcanzado el punto de saturación, para evitar la liberación de carbono a la atmósfera (Luzardo, 2016).

5.12 Marco Legal

5.12.1 Constitución del Ecuador.

De acuerdo con la normativa legal estipulada en la Constitución del Ecuador aprobada por la Asamblea Nacional Constituyente en el año 2008, el estudio se basa en los siguientes artículos:

Art 395.- La Constitución reconoce los siguientes principios ambientales:

1. El Estado garantizará un modelo sustentable de desarrollo, ambientalmente equilibrado y respetuoso de la diversidad cultural, que conserve la biodiversidad y la capacidad de regeneración natural de los ecosistemas, y asegure la satisfacción de las necesidades de las generaciones presentes y futuras.
2. Las políticas de gestión ambiental se aplicarán de manera transversal y serán de obligatorio cumplimiento por parte del Estado en todos sus niveles y por todas las personas naturales o jurídicas en el territorio nacional.
3. El Estado garantizará la participación activa y permanente de las personas, comunidades, pueblos y nacionalidades afectadas, en la planificación, ejecución y control de toda actividad que genere impactos ambientales.
4. En caso de duda sobre el alcance de las disposiciones legales en materia ambiental, éstas se aplicarán en el sentido más favorable a la protección de la naturaleza (Constitución del Ecuador, 2008).

Art. 396.-El Estado adoptará las políticas y medidas oportunas que eviten los impactos ambientales negativos, cuando exista certidumbre de daño. En caso de duda sobre el impacto ambiental de alguna acción u omisión, aunque no exista evidencia científica del daño, el Estado adoptará medidas protectoras eficaces y oportunas.

La responsabilidad por daños ambientales es objetiva. Todo daño al ambiente, además de las sanciones correspondientes, implicará también la obligación de restaurar integralmente los ecosistemas e indemnizar a las personas y comunidades afectadas.

Cada uno de los actores de los procesos de producción, distribución, comercialización y uso de bienes o servicios asumirá la responsabilidad directa de prevenir cualquier impacto ambiental, de mitigar y reparar los daños que ha causado, y de mantener un sistema de control ambiental permanente.

Las acciones legales para perseguir y sancionar por daños ambientales serán imprescriptibles (Constitución del Ecuador, 2008).

Art. 399.- El ejercicio integral de la tutela estatal sobre el ambiente y la corresponsabilidad de la ciudadanía en su preservación, se articulará a través de un sistema nacional descentralizado de gestión ambiental, que tendrá a su cargo la defensoría del ambiente y la naturaleza (Constitución del Ecuador, 2008).

Los artículos expuestos de la Constitución del Ecuador manifiestan que El Estado se encargará de hacer cumplir con los derechos del medio ambiente, las políticas y leyes ambientales con el fin de precautelar el ambiente.

5.12.2 Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.

La CMNUCC cuenta con 197 miembros llamados Partes de la Convención y anualmente se reúnen para crear protocolos con pautas para enfrentar las variaciones climáticas (United Nations Climate Change, 2014). Ecuador forma parte desde 1999. El objetivo principal es nivelar las concentraciones de compuestos de efecto invernadero en la capa atmosférica a una escala que evite intervenciones antropogénicas dañinas en la estructura climática (Naciones Unidas, 1992). El primer protocolo realizado fue en la ciudad de Kioto (Japón), en 1997 donde los integrantes se enfocaron en mermar las emanaciones de GEI, aproximadamente en un 6% para el lapso analizado (Naciones Unidas, 1997).

5.12.3 Acuerdo de París.

Dentro de los tratados internacionales se encuentra el Acuerdo de París, los siguientes artículos mencionan:

Art. 4.-Para cumplir el objetivo a largo plazo referente a la temperatura que se establece en el artículo 2, las partes se proponen lograr que las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero alcancen su punto máximo lo antes posible, teniendo presente que las partes que son países en desarrollo tardaran más en lograrlo, y a partir de ese momento reducir rápidamente las emisiones de gases de efecto invernadero, de conformidad con la mejor información científica disponible, para alcanzar un equilibrio entre las emisiones antropógenas por las fuentes y la absorción antropógena por los sumideros en la segunda mitad del siglo, sobre la base de la equidad y en el contexto del desarrollo sostenible y de los esfuerzos por erradicar la pobreza (Naciones Unidas, 2015).

Art. 7.-Por el presente, las partes establecen el objetivo mundial relativo a la adaptación, que consiste en aumentar la capacidad de adaptación, fortalecer la resiliencia y reducir la vulnerabilidad al cambio climático con miras a contribuir al desarrollo sostenible y lograr una respuesta de adaptación adecuada en el contexto del objetivo referente a la temperatura que se menciona en el artículo 2 (Naciones Unidas, 2015).

Art. 10.-Las partes comparten una visión a largo plazo sobre la importancia de hacer plenamente efectivos el desarrollo y la transferencia de tecnología para mejorar la resiliencia al cambio climático y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (Naciones Unidas, 2015).

Los artículos 4, 7 y 10 indican el interés que manifiestan los países ante los gases de efecto invernadero y cómo actúan para tratar de solucionar el problema de la huella de carbono, razón por lo que es relevante para la tesis considerar este acuerdo.

5.12.4 Ley de Gestión Ambiental.

La Ley de Gestión ambiental revela los fundamentos, normas y directrices de una política ambiental; por ende, denotan las responsabilidades, categorías de participación de los sectores (público y privado) en el manejo ambiental y fija los límites, regulaciones y sanciones (Ley de Gestión Ambiental, 2004).

Según el artículo 33 hace mención a: “determinar como herramientas de aplicación de las directrices ambientales lo siguiente: lineamientos de calidad ambiental, normas de efluentes y emisiones, requerimientos de productos contaminantes y nocivos para la salud humana y el ecosistema, certificaciones de calidad ambiental de productos y servicios y otros que serán regulados en el respectivo reglamento (Ley de Gestión Ambiental, 2004).

CAPÍTULO III

6. Materiales y Métodos

6.1 Metodología

La presente investigación referente al estudio reducción de la huella de carbono por medio de la implementación de un sistema fotovoltaico en el edificio de Posgrados y CIIT de la UCACUE, tuvo un enfoque mixto; es decir, cualitativo y cuantitativo. Con respecto a la investigación cualitativa se efectuó una revisión de la literatura existente asociada al tópico analizado; mientras que, en la indagación cuantitativa se obtuvieron datos numéricos, porcentajes y medidas relacionadas a las variables que intervienen en el cálculo de la huella de carbono, así como valores extraídos de los resultados de la implementación del panel solar.

El tipo de investigación acorde al propósito fue aplicada debido a que se levantó información por medio de métodos, se presenta un diseño experimental porque se planteó una propuesta de cómo reducir la huella de carbono al implementar un sistema fotovoltaico dentro de los edificios elegidos para la investigación. Por el tiempo en que se realizó fue longitudinal, debido a que se tomó un periodo de tiempo específico.

En relación al análisis y redacción de los resultados se usó el método analítico - sintético, solventándose en las evaluaciones y procedimientos realizados durante toda la investigación, mientras que para la revisión bibliográfica se utilizó el método inductivo - deductivo, debido a que se extrajo información relevante de artículos científicos y demás fuentes bibliográficas.

No fue necesario el cálculo de la población y muestra, porque se seleccionaron las instalaciones de acuerdo al muestreo por conveniencia, ya que solo se obtuvieron datos de dos lugares propuestos en la Universidad; edificios externos al campus fuera de la provincia del Azuay, no se pudo acceder por restricciones de la emergencia sanitaria. Empero, la metodología y los resultados de la investigación permitirán extrapolar hacia las demás unidades académicas y replicar la investigación realizada.

Procesamiento de datos

Luego de la toma de datos se tabularon y graficaron los datos obtenidos para tener una mejor representación de lo que ocurre dentro del muestreo, así mismo se realizó el cálculo de la huella de carbono que se evita con la ayuda del panel solar utilizado para este estudio (Rodríguez & Gutierrez, 2017).

Algunos datos extraídos se procesaron a través de la herramienta informática Excel, se presentaron mediante gráficos. De la misma forma, se empleó el programa PVsyst, valorado como un instrumento que permite el estudio, simulación y análisis de datos completos para sistemas fotovoltaicos.

Procedimiento:

El estudio estuvo conformado por 5 etapas, las cuales se presentan a continuación:

Primera etapa: instalación y toma de datos

Se empezó por seleccionar los edificios de Posgrados y la CIITT de la UCACUE, para instalar el panel solar ubicándolo en cada uno de los edificios, para realizar la toma de datos de radiación solar, potencia del panel solar y radiación global en los edificios.

En la toma de datos de radiación y potencia del panel solar en los edificios, se procedió a anotar los datos en tres horarios (mañana, medio día, tarde) se realizó la toma de datos cada 10 minutos por cada horario, mientras se realizaba la toma se colocó el voltímetro en los cables de salida del panel solar para conocer la energía generada en tanto que con el piranómetro se determinó la radiación solar que incide al momento de la medición. Los datos se tomaron durante 8 días, considerando que al instante de ejecutarlo se deben evitar las fuentes que interfieran con la radiación (sombras, focos de radiación artificial) su altura no debe afectar a la medición, el mismo procedimiento se llevó a cabo en ambos edificios.

Con respecto a los datos de radiación global que influyen en los edificios, se consideraron los datos in situ de la variable para corroborar los resultados, para esto se utilizó la base de datos que se extrajo de la estación meteorológica que se dispone en las instalaciones para obtener los datos diarios y anuales de radiación solar, posteriormente, se determinó el dato promedio de horas de radiación solar para calcular la energía producida por el panel solar; es decir, horas de radiación solar diarias, tomando en cuenta

la salida del sol (8: 32 am) y puesta de sol (17:26 pm) con la ayuda de datos del INAMI, durante el año 2019, se obtuvieron en promedio 10 horas y 30 minutos de radiación solar para continuar con el estudio, valor necesario para el cálculo de la huella de carbono compensada por el panel solar.

Segunda etapa: cálculo de la huella de carbono

Luego se tabularon los valores conseguidos de radiación global en el 2019 por meses, una vez obtenidos estos datos en W/m² se procedió a calcular la energía estimada por el panel solar en vatios en la misma tabla, después se transformaron las unidades (para futuros cálculos) usando la fórmula:

$$\text{Energía generada en Kwh por un panel} = \frac{\text{horas de radiación solar} \times \text{energía generada por el panel solar en W}}{1000} \quad (1)$$

Para establecer la huella de carbono compensada por el panel solar, se planteó la ecuación:

$$HC = \text{ENERGIA GENERADA CADA MES Kwh por panel solar} \times 1,2282 \text{KgCO}_2 \text{eq/kWh} \quad (2)$$

Cabe destacar que el valor de 1,2282KgCO₂eq/kWh es el factor de emisión, solo aplica para ecuaciones con datos de generación eléctrica (paneles solares) (Rodriguez & Gutierrez, 2017).

Tercera etapa: análisis de las variables relacionadas a la generación de la huella de carbono

- Demanda eléctrica: Se recopilaron los datos del consumo eléctrico del periodo en estudio, del edificio de Posgrados Y CIITT, basándose en los datos de la empresa Centro Sur. Se tomaron en cuenta las variaciones durante la etapa de confinamiento por la crisis sanitaria por Covid-19.
- Energía producida: energía generada por el panel solar en la toma de energía solar en los distintos horarios.
- Radiación global: los datos se obtuvieron de la estación meteorológica para ambos edificios, en el lapso comprendido entre el 2019 y 2020, donde se valoraron tres factores: radiación global máxima, radiación global promedio y radiación global

mínima; con base a estos datos se realizó una simulación de la eficiencia de los paneles solares frente a la radiación hallada.

- Corriente vs tensión: frecuencia pico generada en w del panel solar, solo se usaron ls datos máximos para calcular cuanto CO_2 equivalente se va a reducir o compensar.
- Potencia vs tensión: mide la corriente y el voltaje que se presenta en el panel solar por la radiación incidente

Cuarta etapa: determinación de las emisiones producidas por el consumo eléctrico en ambos edificios

Tomando los datos obtenidos de la empresa Centro Sur, se calculó el factor de emisión de CO_2 para el año 2021 en Ecuador, también se obtuvieron los valores de emisión de CH_4 y N_2O para la producción de electricidad en el país, fundamentándose en el cálculo de la huella de carbono generada por consumo eléctrico según el método de (Parra, 2013).

Para obtener las emisiones totales en la unidad CO_2 eq. se aplicó la siguiente fórmula.

$$E = (Ct \times feCO_2 \times PCGCO_2) + (Ct \times feCH_4 \times PCGCH_4) + (Ct \times feN_2O \times PCGN_2O) \quad (3)$$

Una vez aplicada la fórmula, se procedió al cálculo de las emisiones de CO_2 generadas cada mes de estudio respecto al consumo eléctrico de cada edificio por lapso analizado; con estos datos se estimó la huella de carbono producida por consumo eléctrico en toneladas de CO_2 .

Quinta etapa: propuesta del sistema de energía fotovoltaico

Se calculó el número de paneles solares que se requieren para cubrir la demanda eléctrica en los edificios de Posgrados y CIITT, debido que al solventar la demanda se puede compensar la huella de carbono producida por consumo eléctrico en ambos edificios.

6.2 Ubicación del área de estudio.

Los datos se tomaron y analizaron en la ciudad de Cuenca, en dos diferentes sectores, el primero es en sector del parque Industrial vía Patamarca en el área de Posgrados de la Universidad Católica de Cuenca, y el segundo en la parroquia Ricaurte vía Bibin en el CIITT, de la Universidad Católica de Cuenca.



Figura 4. Mapa de ubicación zonas de estudio

Fuente: Los autores.

En la figura 4 tenemos los dos puntos de investigación el primero en el campus de Posgrados de la Universidad Católica de Cuenca y el segundo en el Centro de Investigación, Innovación y Transferencia de Tecnología (CIITT), se eligieron estos lugares por la implementación con la que cuentan para realizar esta investigación.

6.3 Materiales y método

Los materiales utilizados durante todo el proyecto fueron:

1. Para el análisis y toma de datos se usó un Multímetro Digital Completo Dt 9205a Tester para medir corriente y voltaje de los paneles solares.
2. Un panel solar monocristalino modelo GREEN ENERGY con módulos EG-350M-72, con una potencia máxima de 350W, con dimensiones 1956x992x40 mm.
3. Un piranometro de celda de silicio, MP100-MP200 para medir radiación.

Métodos:

La toma de datos de radiación solar y voltaje generado por el panel se realizó en las horas de la mañana, medio día y en la tarde; se colocará el voltímetro en los cables de salida del panel solar y así saber cuál es la energía que se está generando y con el pirómetro se determinará la radiación solar que incide en el momento de la medición (Rodríguez & Gutierrez, 2017).

Horario de toma de datos

Mañana: 7 am- 8 am

Medio día: 12 pm -1 pm

Tarde: 4 pm – 5 pm

Para la obtención de los datos de radiación global que incide tanto en el edificio de posgrados y el CIITT, se realiza una toma de datos in situ de la variable para corroborar resultados y se utilizó la base de datos otorgada por el tutor de tesis, para la toma de datos de radiación global utilizamos un piranometro el cual se coloca por encima del panel solar con el que se trabajó para que el dispositivo capte la radiación que incide en el momento de la toma de datos, los datos se tomaron cada diez minutos durante dos horas en la mañana así mismo al medio día y la tarde, durante ocho días, este proceso se llevó acabo tanto en el área de posgrados como en el CIITT de la Universidad Católica de Cuenca.

Para la toma de datos de radiación se recomienda que:

- Evite fuentes de interferencia de radiación, como sombras, que puedan afectar los resultados de la medición (QUIMINET, 2011).
- Debe mantenerse alejado de fuentes de radiación artificial, y su altura no debe afectar la medición, sino que debe colocarse en una plataforma alta para evitar obstáculos (QUIMINET, 2011).

CAPÍTULO IV

7. Resultados y discusión

7.1 Cálculo de la huella de carbono compensada con un panel solar.

Para este proceso se comenzó por calcular las horas de radiación promedio, luego de esto en base a los datos de radiación obtenidos se calcula la energía que genera el panel solar durante el año de estudio, posteriormente, se calcula la huella de carbono compensada con el panel solar en base a todos los resultados obtenidos.

MESES	SALIDA DEL SOL	PUESTA DE SOL	HORAS DE RADIACION
ENERO	8:32 a. m.	17:26 pm	8:54:00
FEBRERO	7:53 a. m.	18:03 pm	10:10:00
MARZO	7:00 a. m.	18:41 pm	11:41:00
ABRIL	7:09 a. m.	17:48 pm	10:39:00
MAYO	6:38 a. m.	18:00 pm	11:22:00
JUNIO	6:34 a. m.	18:00 pm	11:26:00
JULIO	6:38 a. m.	17:38 pm	11:00:00
AGOSTO	7:05 a. m.	17:30 pm	10:25:00
SEPTIEMBRE	7:39 a. m.	17:56 pm	10:17:00
OCTUBRE	7:44 a. m.	18:06 pm	10:22:00
NOVIEMBRE	7:51 a. m.	18:15 pm	10:24:00
DICIEMBRE	8:28 a. m.	17:49 pm	9:21:00
		PROMEDIO	10:30:05

Tabla 1. Horas de radiación solar año 2019.

Fuente: (INAMHI, s.f.).

En la tabla 1 se analizaron los datos de salida y puesta de sol correspondientes al año 2019, este proceso se siguió para obtener el dato promedio de horas de radiación solar para calcular la energía producida por el panel solar en *Kwh*.

MESES	RADIACIÓN GLOBAL (W/m^2)	ENERGIA GENERADA POR EL PANEL SOLAR (W)
ENERO	1 475,45	333,70
FEBRERO	1 409,00	319,50
MARZO	1 411,70	320,20
ABRIL	1 383,56	314,00
MAYO	1 337,58	304,10
JUNIO	1 220,70	278,50
JULIO	1 174,03	268,20
AGOSTO	1 295,70	295,70
SEPTIEMBRE	1 349,64	306,80
OCTUBRE	1 375,51	312,40
NOVIEMBRE	1 345,76	306,90
DICIEMBRE	1 440,09	326,20

Tabla 2. Radiación global y energía generada por el panel solar en *W* año 2019.

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 2 se registró la radiación global incidente, este procedimiento se siguió para el cálculo de la energía generada en *Kwh*, dato que será necesario para calcular la huella de carbono evitada con paneles solares.

A continuación, para la transformación de unidades se utilizó la siguiente ecuación

$$\text{Energía generada en Kwh por un panel} = \frac{\text{horas de radiación solar} \times \text{energía generada por el panel solar en W}}{1000} \quad (1).$$

Para esto se utilizarán los datos obtenidos en la tabla 1 que corresponde a horas de radiación solar promedio y la tabla 2 energía generada en *W* por el panel solar, y de esta manera obtener la energía generada en *Kwh*.

$$\text{Energía generada en Kwh por un panel} = \frac{10,3 \text{ h} \times 333,7 \text{ W}}{1000}$$

$$\text{Energía generada en Kwh por un panel} = 3,503 \text{ Kwh.}$$

Esta misma ecuación y procedimiento se realiza para todos los meses de estudio obteniendo los siguientes resultados:

MESES	RADIACION GLOBAL	ENERGIA GENERADA EN <i>W</i>	ENERGIA GENERADA EN <i>Kwh</i>
ENERO	1 475,45	333,70	3,50
FEBRERO	1 409,00	319,50	3,35
MARZO	1 411,70	320,20	3,36
ABRIL	1 383,56	314,00	3,29
MAYO	1 337,58	304,10	3,19
JUNIO	1 220,70	278,50	2,92
JULIO	1 174,03	268,20	2,81
AGOSTO	1 295,70	295,70	3,10
SEPTIEMBRE	1 349,64	306,80	3,22
OCTUBRE	1 375,51	312,40	3,28
NOVIEMBRE	1 345,76	306,90	3,22
DICIEMBRE	1 440,09	326,20	3,42

Tabla 3. Energía generada por el panel solar en *Kwh*.

Fuente: los autores.

En la tabla 3 se obtuvo los resultados de la conversión de unidades de la energía generada en *W* por el panel solar a energía generada en *kwh* datos, necesarios para aplicarlos en el siguiente procedimiento de cálculo.

Para el cálculo de la huella de carbono que se evitará mediante la utilización de sistemas fotovoltaicos, se utilizaron datos de radiación y producción de energía de los paneles, mismos datos que

fueron obtenidos mediante el proceso anterior, establecidas en la tabla 3, haciéndose uso de la siguiente ecuación para el cálculo de la huella de carbono evitada.

$$HC = \text{ENERGIA GENERADA CADA MES Kwh por panel solar} \times 1,2282 \text{KgCO}_2 \text{eq/kWh} \quad (2).$$

En donde: $HC = \text{HUELLA DE CARBONO}$, y la energía generada cada mes por el panel solar (Kwh) se multiplican por el factor de emisión $1,2282 \text{ (KgCO}_2 \text{eq/kWh)}$ para generación eléctrica.

El valor del factor de emisión de $1,2282 \text{ (Kg CO}_2 \text{eq/kWh)}$ es un valor establecido para el cálculo de la huella de carbono que se evita con la implementación de paneles solares según (Rodríguez & Gutierrez, 2017).

Con la ecuación (2), y los datos de la tabla 3 antes obtenidos se procedió al cálculo de la huella de carbono que se evita con un solo panel solar de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} HC &= \text{ENERGIA GENERADA POR PANEL SOLAR EN Kwh} \times 1,2282 \text{KgCO}_2 \text{eq/kWh} \quad (2) \\ HC &= 3,50 \text{ Kwh} \times 1,2282 \text{KgCO}_2 \text{eq/kWh} \end{aligned}$$

En donde los $3,50 \text{ Kwh}$ es la energía generada por el panel solar en el mes de enero con una radiación global de $1475,45 \text{ W/m}^2$, multiplicado por el factor de emisión dando como resultado la huella de carbono evitada con la implementación de un solo panel solar.

$$HC = 4,30 \text{ KgCO}_2$$

Este procedimiento se realizó todos los meses para obtener la huella de carbono evitada con un panel solar.

MESES	RADIACION GLOBAL	ENERGIA GENERADA EN W	ENERGIA GENERADA EN Kwh	HC EVITADA
ENERO	1 475,45	333,70	3,50	4,30
FEBRERO	1 409,00	319,50	3,35	4,12
MARZO	1 411,70	320,20	3,36	4,12
ABRIL	1 383,56	314,00	3,29	4,04
MAYO	1 337,58	304,10	3,19	3,92
JUNIO	1 220,70	278,50	2,92	3,59
JULIO	1 174,03	268,20	2,81	3,45
AGOSTO	1 295,70	295,70	3,10	3,81
SEPTIEMBRE	1 349,64	306,80	3,22	3,95
OCTUBRE	1 375,51	312,40	3,28	4,02
NOVIEMBRE	1 345,76	306,90	3,22	3,95
DICIEMBRE	1 440,09	326,20	3,42	4,20
			total kgCO_2	47,53
			total t CO_2	0,047

Tabla 4. Huella de Carbono evitada con un panel solar en el año de estudio.

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4 observamos los resultados obtenidos luego de aplicar la ecuación 2 para el cálculo de la HC evitada con un panel solar, de esta manera se obtuvieron los resultados expresados en $t CO_2$ de la huella de carbono que se estaría compensando con el panel solar.

A continuación, se realizó una figura con los resultados obtenidos de la tabla 3 y 4 con ayuda del programa Excel.

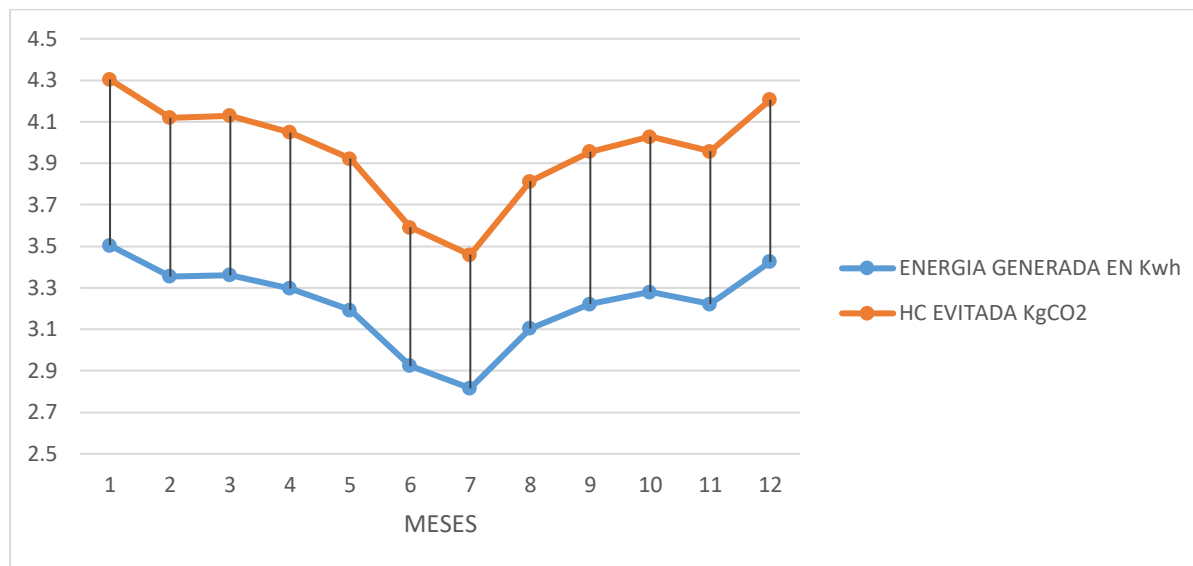


Figura 5. Generación de energía del panel solar vs la huella de carbono evitada

Fuente: Elaboración propia

En la figura 5 se muestra un equilibrio proporcional entre la cantidad de energía generada por el panel y la cantidad de CO_2 reducida. Así mismo, se interpretó en las tablas 3 y 4, que en el mes de julio existe una radiación solar baja y por ende la energía generada y la HC deciden.

7.2 Demanda de energía eléctrica.

Para obtener los datos de consumo de energía eléctrica, usamos la base de datos de la Centrosur, misma que nos da los siguientes datos, siendo válidos para el cálculo de la huella de carbono generada por concepto de consumo eléctrico:

En el edificio de posgrados tenemos los siguientes resultados:

MESES	CONSUMO ELECTRICO (<i>kWh</i>)
ENERO	26 321
FEBRERO	23 394
MARZO	21 513
ABRIL	23 260
MAYO	25 671
JUNIO	21 981
JULIO	25 776
AGOSTO	17 940
SEPTIEMBRE	19 467
OCTUBRE	21 432
NOVIEMBRE	22 837
DICIEMBRE	20 092

Tabla 5. consumo de energía eléctrica en posgrados en el año 2019.

Fuente: Los Autores

MESES	CONSUMO ELECTRICO (<i>kWh</i>)
ENERO	25 492
FEBRERO	19 592
MARZO	15 273
ABRIL	8 228
MAYO	8 505
JUNIO	8 194
JULIO	8 536
AGOSTO	10 170
SEPTIEMBRE	9 447
OCTUBRE	10 132
NOVIEMBRE	10 515
DICIEMBRE	10 074

Tabla 6. Consumo de energía eléctrica en posgrados en el año 2020.

Fuente: Los Autores

En las tablas 5 y 6, se observan que el consumo eléctrico tanto del año 2019 como del año 2020 dentro del edificio de posgrados de la Universidad Católica de Cuenca; para una mejor interpretación de los datos obtenidos se realizó un gráfico ilustrativo:

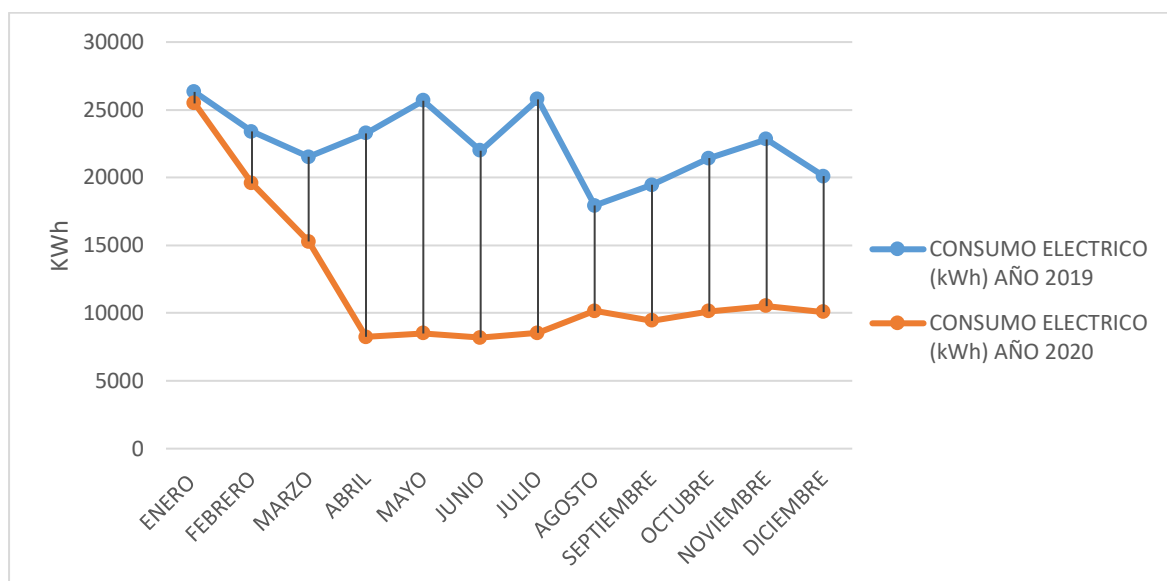


Figura 6. Consumo de energía anual del año 2019 y 2020 en posgrados.

Fuente: Los Autores

Como se presenta en la figura 6 el consumo de energía eléctrica dentro del edificio de posgrados varía en gran nivel en estos dos años mencionados anteriormente, a partir del mes de marzo del 2020, a causa de la pandemia (Covid-19) se entró en confinamiento total y redujo de manera considerable el consumo de energía en los meses posteriores e incluso hasta la fecha. Mientras que en el año 2019 se observa en la gráfica un comportamiento más estable.

En el Centro de Investigación, Innovación y Transferencia de Tecnología (CIITT) se obtuvieron los siguientes resultados de consumo eléctrico correspondientes a los años 2019 y 2020.

MESES	CONSUMO ELECTRICO (kWh)
ENERO	3 581,22
FEBRERO	2 926,38
MARZO	3 103,86
ABRIL	3 367,02
MAYO	3 939,24
JUNIO	4 522,68
JULIO	4 676,70
AGOSTO	4 189,14
SEPTIEMBRE	5 036,76
OCTUBRE	5 173,44
NOVIEMBRE	7 097,16
DICIEMBRE	5 401,92

Tabla 7. Consumo de energía eléctrica en el CIITT en el año 2019.

Fuente: Los Autores

MESES	CONSUMO ELECTRICO (kWh)
ENERO	6 857,46
FEBRERO	5 316,24
MARZO	4 135,08
ABRIL	2 093,04
MAYO	2 503,08
JUNIO	4 429,86
JULIO	5 320,32
AGOSTO	3 414,96
SEPTIEMBRE	3 411,90
OCTUBRE	30 22,26
NOVIEMBRE	25 10,22
DICIEMBRE	2 479,62

Tabla 8. Consumo de energía eléctrica en el CIITT en el año 2020.

Fuente: Los Autores

En las tablas 7 y 8 se presenta el consumo eléctrico tanto del 2019 como el 2020 dentro del Centro de Investigación, Innovación y Transferencia de Tecnología (CIITT) de la Universidad Católica de Cuenca, para una mejor interpretación de los datos obtenidos se realizó un gráfico demostrativo:

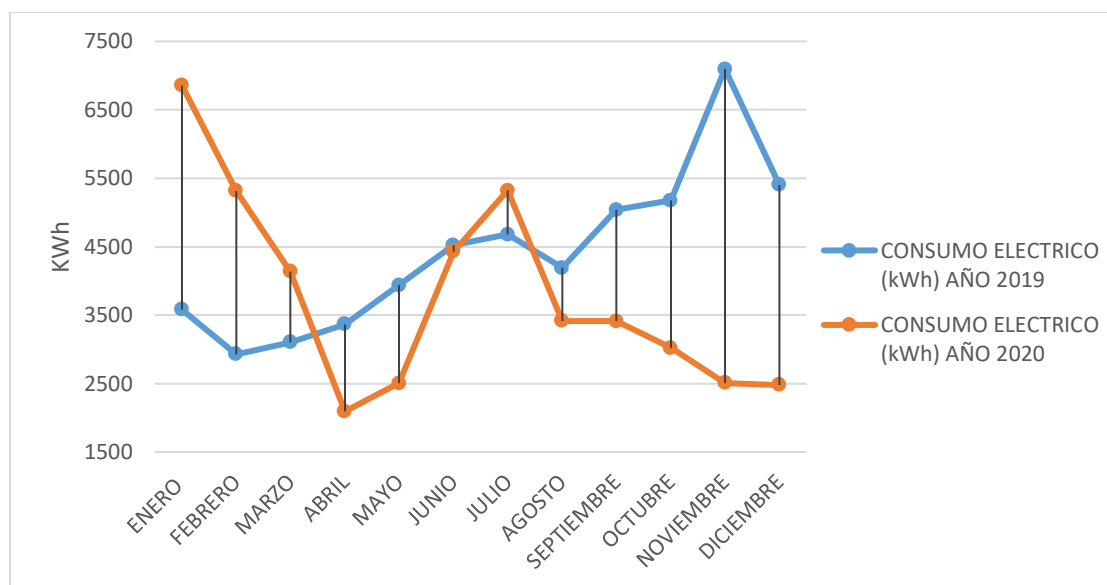


Figura 7. Consumo de energía eléctrica anual en el CIITT en el año 2019 y 2020.

Fuente: Los Autores

En la figura 7, el consumo de energía en el año 2020 a partir del segundo mes empieza a disminuir debido a la culminación del periodo lectivo de la Universidad, posteriormente en el mes de marzo se observa una disminución exajerada del consumo de energía eléctrica debido al confinamiento (Covid-19) ocurrido en dicho año. Estos datos son bajos a comparación del año 2019 en donde incluso hubo un incremento de la demanda de energía a partir del mes de mayo.

7.3 Radiación global en las áreas de estudio

A continuación, se tabularon los datos de radiación global mensuales tanto de Posgrados como del CIITT de la UCACUE, estos se obtuvieron de una base de datos de las estaciones meteorológicas que se encuentran dentro de cada zona de estudio, se ocuparon los datos de radiación promedio, máxima y mínima de cada mes en el año 2019 y 2020 como se presentan en las siguientes tablas:

MESES	PROMEDIO (W/m^2)	MAXIMO (W/m^2)	MINIMO (W/m^2)
ENERO	662,17	1 388,12	29,46
FEBRERO	715,06	1 383,17	40,11
MARZO	552,61	1 292,38	17,41
ABRIL	621,71	1 333,76	10,61
MAYO	611,28	1 305,67	8,41
JUNIO	547,56	1 174,66	11,03
JULIO	612,63	1 255,80	15,90
AGOSTO	567,85	1 265,35	18,87
SEPTIEMBRE	688,16	1 420,86	8,56
OCTUBRE	607,74	1 407,19	5,35
NOVIEMBRE	686,35	1 435,61	9,01
DICIEMBRE	663,26	1 337,67	22,80

Tabla 9. Radiación global en el edificio de posgrados en el año 2019.

Fuente: Los Autores

En la tabla 9 tenemos los datos de radiación global incidente (promedios, máximos y mínimos) dentro del edificio de Posgrados en el año 2019, mismos datos que fueron recolectados y tabulados de la estación meteorológica que se encuentra en la zona de estudio correspondiente.

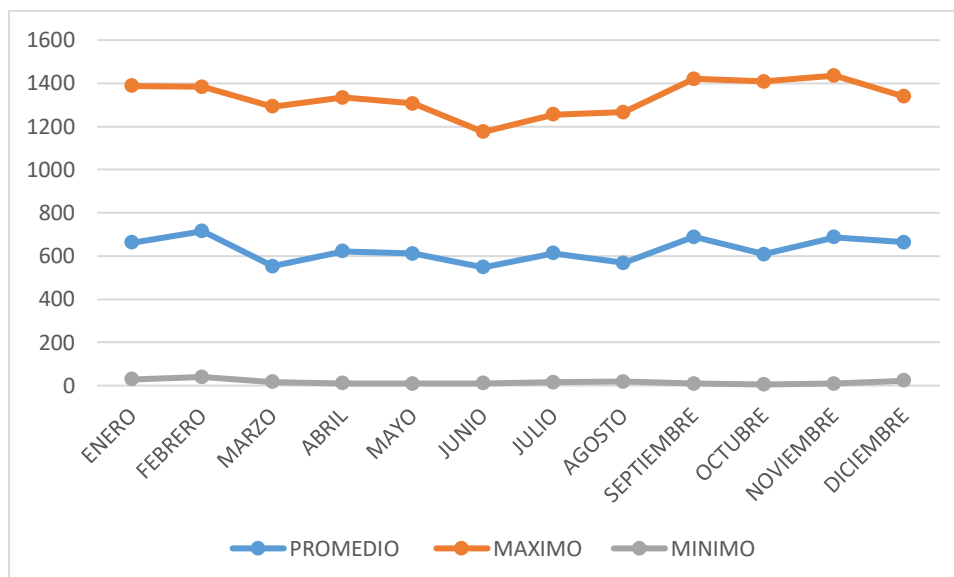


Figura 8. Radiación global posgrados 2019.

Fuente: Los Autores

En la figura 8 observamos los diferentes comportamientos de la radiación global a lo largo del año 2019 en el edificio de Posgrados y de esta manera nos permite conocer la estabilidad que nos presenta en la gráfica en los puntos máximos, mínimos y promedios incidentes en el lugar.

MESES	PROMEDIO (W/m^2)	MAXIMO (W/m^2)	MINIMO (W/m^2)
ENERO	698,61	1 468,51	24,82
FEBRERO	681,47	1 411,43	12,51
MARZO	569,76	1 411,72	0,00
ABRIL	591,96	1 383,64	0,00
MAYO	588,53	1 337,64	0,00
JUNIO	526,95	1 220,71	0,00
JULIO	520,31	1 174,00	0,00
AGOSTO	557,24	1 298,63	0,00
SEPTIEMBRE	614,29	1 353,52	0,00
OCTUBRE	580,89	1 375,55	0,00
NOVIEMBRE	594,36	1 296,42	0,00

Tabla 10. Radiación global en el edificio de posgrados en el año 2020

Fuente: Los Autores

En la tabla 10 se aprecia los datos obtenidos de la radiación global incidente (promedios, máximos y mínimos) dentro del área de Posgrados en el año 2020, los datos fueron recolectados y tabulados de la estación meteorológica que se encuentra en la zona de estudio antes mencionada.

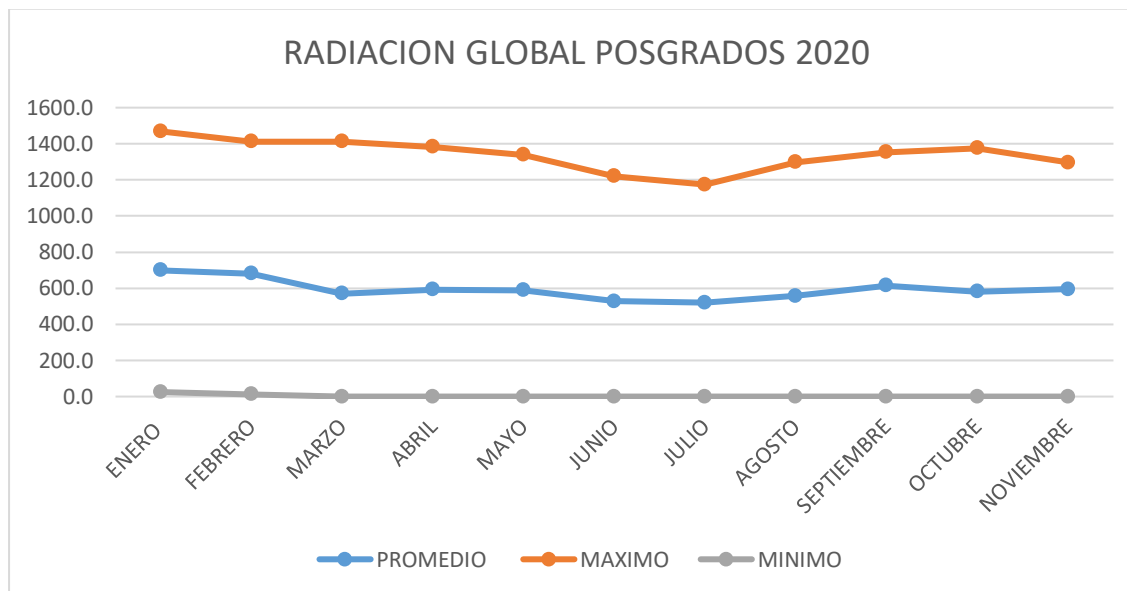


Figura 9. Radiación global posgrados 2020.

Fuente: Los Autores.

En la figura 9 observamos el comportamiento de la radiación global del año 2020 en el edificio de Posgrados, permitiendonos de esta manera conocer la estabilidad de los límites máximos, mínimos y promedios que inciden en el lugar.

MESES	PROMEDIO (W/m^2)	MÁXIMO (W/m^2)	MÍNIMO (W/m^2)
ENERO	603,06	1 295,88	23,76
FEBRERO	647,81	1 282,53	35,78
MARZO	527,12	1 233,12	17,58
ABRIL	575,60	1 285,36	11,32
MAYO	578,16	1 264,51	7,87
JUNIO	488,17	1 118,03	9,66
JULIO	532,62	1 169,70	13,67
AGOSTO	564,52	1 248,58	18,32
SEPTIEMBRE	650,53	1 388,76	8,96
OCTUBRE	610,99	1 404,09	5,00
NOVIEMBRE	657,26	1 403,51	8,83
DICIEMBRE	668,48	1 342,77	19,51

Tabla 11. Radiación global en el CIITT en el año 2019.

Fuente: Los Autores

En la tabla 11 se encuentran los datos de radiación global incidente (promedios, máximos y mínimos) dentro del Centro de Investigación Innovación y Transferencia de Tecnología (CIITT) en el año 2019, los datos fueron recolectados y tabulados de la estación meteorológica que esta ubicada en el área de estudio.

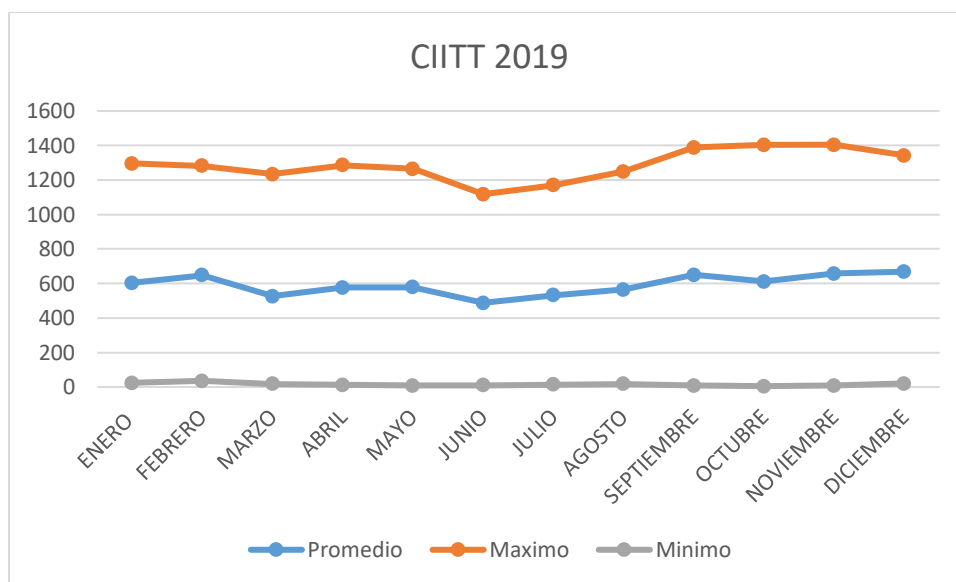


Figura 10. Radiación global CIITT 2019

Fuente: Los Autores

En la figura 10 observamos el comportamiento de la radiación global del año 2019 en del Centro de Investigación Innovación y Transferencia de Tecnología (CIITT) y de esta manera conocer continuidad de los límites máximos, mínimos y promedios incidentes en el lugar.

MESES	PROMEDIO (W/m^2)	MAXIMO (W/m^2)	MINIMO (W/m^2)
ENERO	598,72	1 280,92	31,35
FEBRERO	727,72	1 337,91	53,54
MARZO	548,11	1 215,53	21,83
ABRIL	545,15	1 156,64	10,87
MAYO	537,35	1 191,72	7,24
JUNIO	491,03	1 041,81	10,05
JULIO	505,73	1 081,14	12,13
AGOSTO	537,85	1 102,33	12,02
SEPTIEMBRE	577,64	1 221,12	9,06
OCTUBRE	489,92	1 178,81	3,15
NOVIEMBRE	512,21	1 180,71	5,04

Tabla 12. Radiación global CIITT en el año 2020.

Fuente: Los Autores

En la tabla 12 se encuentran los resultados de los datos de radiación global incidente (promedios, máximos y mínimos) dentro del Centro de Investigación Innovación y Transferencia de Tecnología (CIITT) en el año 2020, los datos fueron recolectados y tabulados de la estación meteorológica que se encuentra en la zona de estudio determinado.

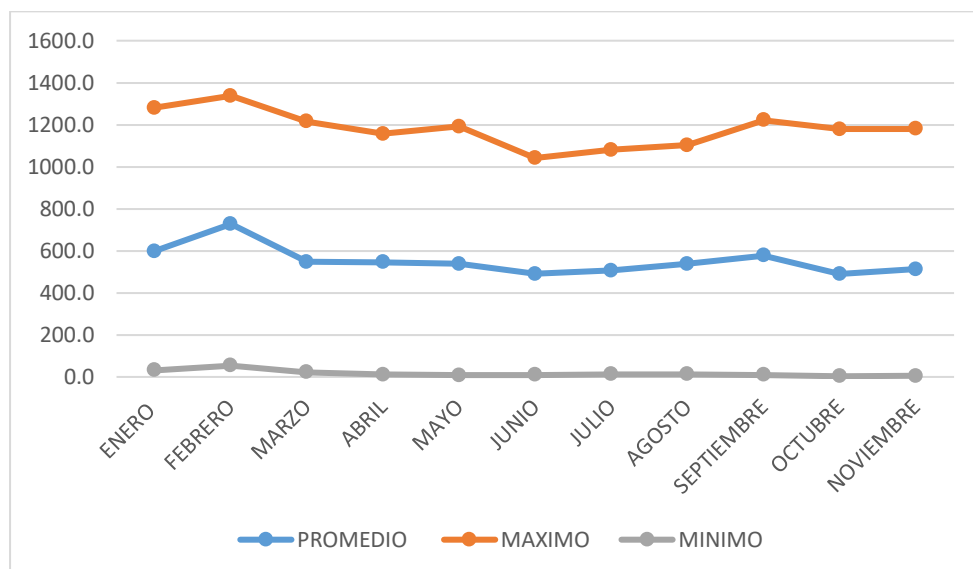


Figura 11. Radiación global CIITT 2020

Fuente: Los Autores

En la figura 11 observamos el comportamiento de la radiación global del año 2020 en del Centro de Investigación Innovación y Transferencia de Tecnología (CIITT), mediante la gráfica se puede identificar un pequeño incremento de radiacion en el mes de febrero en los datos presentados para determinar los máximos, mínimos y promedios incidentes en el lugar.

7.4 Generación de energía anual del panel solar en base a la irradiación incidente en los edificios de posgrados y CIITT.

Con la ayuda del software PVsyst se calculó la generación de energía del panel en base a los datos de irradiación solar, de esta forma se obtuvieron los siguientes resultados:

	MAXIMO (W)	MEDIA (W)	MINIMA (W)	HC EVITADA kgCo₂ eq
ENERO	401,70	194,60	7,30	5,08
FEBRERO	400,30	210,20	10,20	5,06
MARZO	375,30	162,00	3,00	4,74
ABRIL	386,90	182,50	2,30	4,89
MAYO	378,90	179,50	1,50	4,79
JUNIO	342,70	160,50	2,30	4,33
JULIO	365,30	179,80	3,60	4,62
AGOSTO	367,80	166,40	4,40	4,65
SEPTIEMBRE	410,40	202,30	1,70	5,19
OCTUBRE	406,90	178,60	0,80	5,14
NOVIEMBRE	414,50	201,70	1,70	5,24
DICIEMBRE	388,00	194,90	5,50	4,90

Tabla 13. Generación de energía anual con un panel solar Posgrados 2019

Fuente: Los Autores.

	MAXIMO (W)	MEDIA (W)	MINIMA (W)	HC EVITADA kgCo₂ eq
ENERO	423,40	205,20	6,00	5,35
FEBRERO	407,90	200,20	2,80	5,16
MARZO	408,20	167,30	0	5,16
ABRIL	400,30	173,60	0	5,06
MAYO	487,70	172,70	0	6,16
JUNIO	353,30	154,50	0	4,46
JULIO	342,40	152,40	0	4,33
AGOSTO	376,90	153,50	0	4,76
SEPTIEMBRE	392,10	180,40	0	4,96
OCTUBRE	391,10	170,60	0	4,94
NOVIEMBRE	376,40	174,40	0	4,76

Tabla 14. Generación de energía anual con un panel solar Posgrados 2020.

Fuente: Los Autores

	MAXIMO (W)	MEDIA (W)	MINIMA (W)	HC EVITADA kgCo₂ eq
ENERO	376,10	177,10	5,50	4,75
FEBRERO	372,50	190,20	9,10	4,71
MARZO	358,90	154,50	3,80	4,54
ABRIL	373,30	168,80	2,30	4,72
MAYO	367,50	169,70	1,50	4,64
JUNIO	326,60	142,90	1,70	4,13
JULIO	341,00	156,00	2,80	4,31
AGOSTO	363,10	165,50	4,10	4,59
SEPTIEMBRE	401,70	191,00	1,70	5,08
OCTUBRE	406,00	179,50	0,80	5,13
NOVIEMBRE	405,80	193,10	1,70	5,13
DICIEMBRE	389,30	196,40	4,40	4,92

Tabla 15. Generación de energía anual con un panel solar CIIT 2019

Fuente: Los Autores

	MAXIMO (W)	MEDIA (W)	MINIMA (W)	HC EVITADA kgCo₂ eq
ENERO	372,00	175,60	7,70	4,70
FEBRERO	387,70	214,00	14,10	4,90
MARZO	353,90	160,80	5,20	4,47
ABRIL	337,60	159,90	2,30	4,27
MAYO	347,20	157,50	1,20	4,39
JUNIO	304,80	143,80	2,00	3,85
JULIO	316,10	148,00	2,50	3,99
AGOSTO	322,10	157,80	2,50	4,07
SEPTIEMBRE	355,50	169,40	1,70	4,49
OCTUBRE	343,50	143,20	0,30	4,34
NOVIEMBRE	344,10	150,10	0,80	4,35

Tabla 16. Generación de energía anual con un panel solar CIIT 2020

Fuente: Los Autores

En las tablas 13, 14, 15, 16 nos muestran la potencia pico generada en W del panel solar así como la potencia media y mínima de cada mes de estudio, se hace uso de los datos máximos para calcular cuánto CO₂ eq se reducirá por mes, esto se calcula utilizando la ecuación (2) descrita anteriormente, a partir del anexo 4 en adelante se encontraran las figuras ilustrativas corriente vs tensión, de los valores de irradiación incidente del lugar de estudio, para una proyección de la eficiencia de los paneles solares utilizados en base a los datos de irradiación mostrados en las tablas 9,10,11 y 12

7.5 Graficas de Potencia vs tensión.

A continuación, tenemos las gráficas de potencia vs tensión tanto de posgrados como del CIITT se realizaron solo una gráfica por año de estudio (2020), son figuras demostrativas para saber cómo funciona el sistema fotovoltaico y su relación de corriente y voltaje.

7.5.1 Posgrados 2020 Potencia vs Tensión.

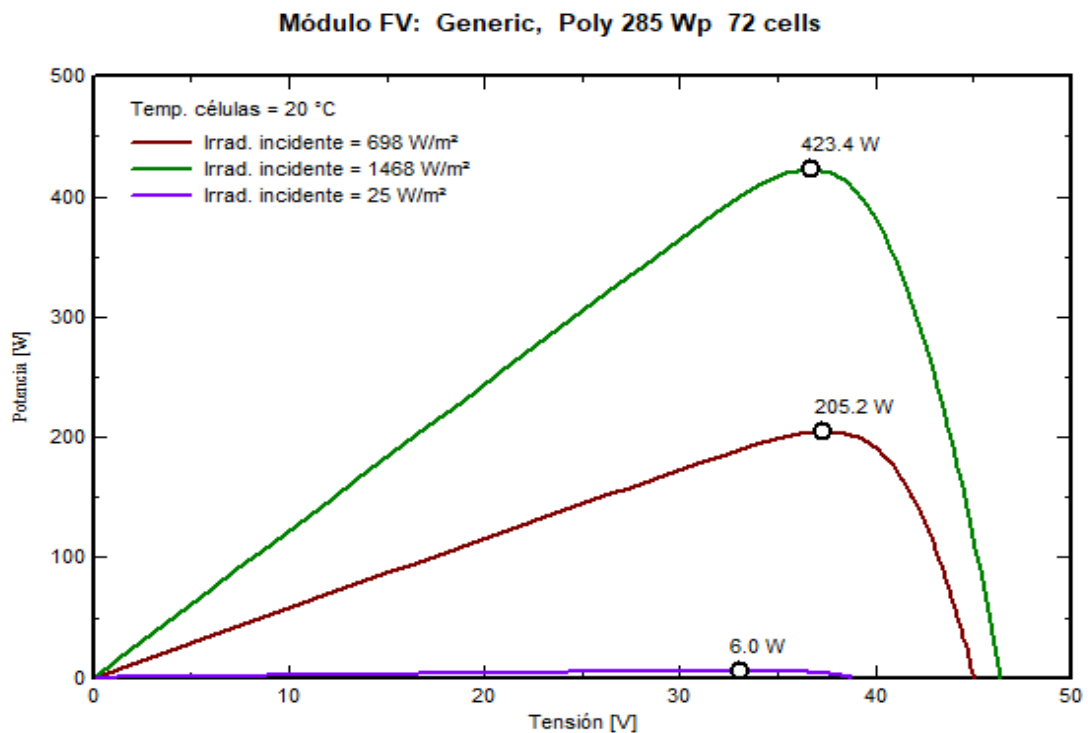


Figura 15. enero 2020 Posgrados.

Fuente: Los Autores

En la figura 15 de potencia vs tensión, las curvas nos muestran la corriente y voltaje que se genera en el panel solar con la irradiación incidente, esta figura corresponde al mes de enero del 2020 del edificio de posgrados tenemos como la corriente que fluye del panel es proporcional al voltaje.

7.5.2 Potencia vs Tensión Centro de Investigación Innovación y Transferencia de Tecnología (CIITT) 2020

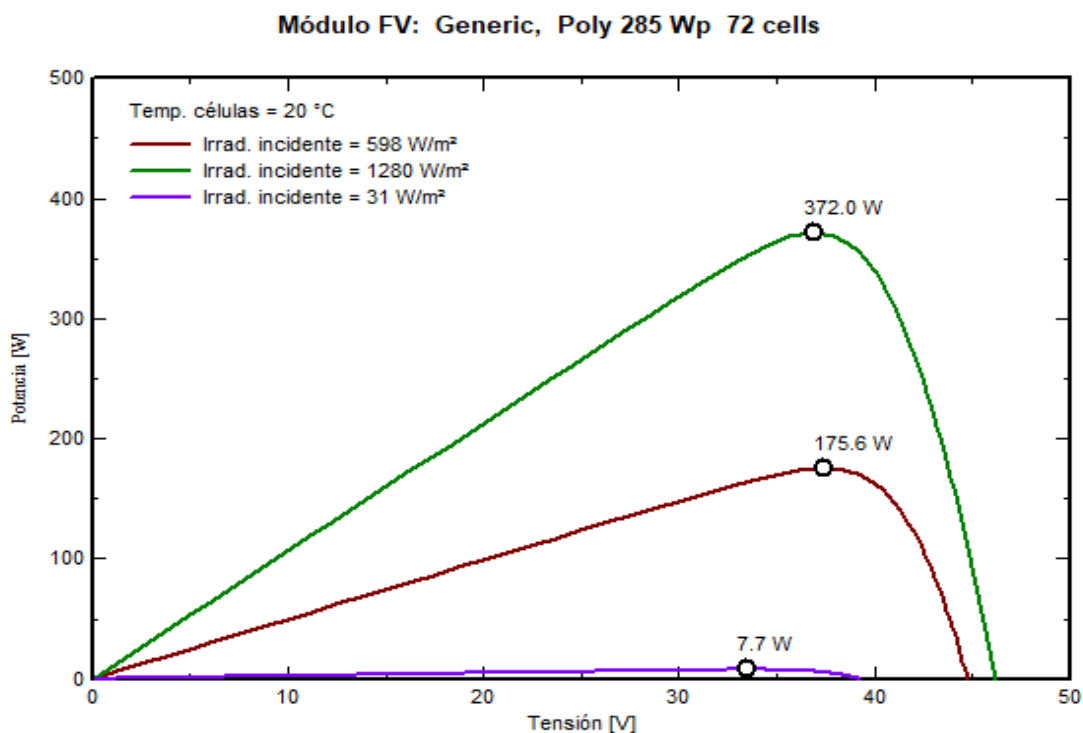


Figura 16. enero 2020 CIITT.

Fuente: Los Autores

En la figura 16 de potencia vs tensión, las curvas nos muestran la corriente y voltaje que se genera en el panel solar con la irradiación incidente, esta figura corresponde al mes de enero del 2020 del CIITT de igual forma nos muestra la proporcionalidad de corriente y voltaje dentro del sistema fotovoltaico.

CAPÍTULO V

8. Cálculo de la Huella de carbono producida por consumo eléctrico.

Para el siguiente cálculo se utilizaron los datos de consumo eléctrico tanto en el edificio de Posgrados y el CIITT que serán tomados de las tablas 5, 6, 7 y 8 respectivamente, mismos datos que fueron obtenidos de la página web de la CentroSur.

8.1 Cálculo de la huella de Carbono Generada por consumo eléctrico

Para calcular las emisiones de CO_2 eq por compras de energía eléctrica, es necesario contar con facturas de consumo eléctrico en los edificios de posgrado y edificios CIITT de la Universidad Católica de Cuenca durante el período de estudio en kWh. Estos datos se obtienen del sitio web de la compañía eléctrica CentroSur.

Luego, se calcula el factor de emisión de CO_2 2021 para Ecuador, por cada unidad de electricidad disponible para consumo, se determina dividiendo las emisiones totales netas para los valores de producción bruta de electricidad más energía importada según el método de cálculo propuesto por (Parra, 2013). Siguiendo la misma técnica, también se obtienen los factores de emisión de CH_4 y N_2O para la producción de electricidad en Ecuador.

Los kWh total utilizado por los dos edificios universitarios durante el período de estudio se multiplicó por cada factor de emisión obtenido y con su potencial de calentamiento global para obtener las emisiones totales en la unidad CO_2 eq.

$$E = (Ct \times feCO_2 \times PCGCO_2) + (Ct \times feCH_4 \times PCGCH_4) + (Ct \times fN_2O \times PCGN_2O) \quad (3)$$

Donde:

E = Emisión total de CO_2 eq por compra de energía eléctrica [t].

Ct = Consumo total de electricidad en el período de estudio [kWh].

$feCO_2$ = factor de emisión de CO_2 , 188.82 [g/kWh].

fCH_4 = 4factor de emisión de CH_4 , 0.02 [g/kWh].

fN_2O = factor de emisión de N_2O , 0.0013 [g/kWh].

$PCGCO_2$ = Potencial de Calentamiento Global del CO_2 , 1 (IPCC, 2014).

$PCGCH_4$ = Potencial de Calentamiento Global del CH_4 , 28 (IPCC, 2014).

$PCGN_2O$ = Potencial de Calentamiento Global del N_2O , 265 (IPCC, 2014).

Por otro lado, los factores de emisión CO_2 , CH_4 y N_2O por generación eléctrica en Ecuador se calcularon utilizando los datos de consumo de combustible para la producción total de electricidad en 2017 obtenidos del proyecto. Elaboración de informes anuales y estadísticas plurianuales. Del sector eléctrico ecuatoriano en 2017 (ARCONEL, 2017).

Los factores de emisión CH_4 y N_2O no han sido previamente calculados en Ecuador, por lo que, para evaluar su validez, se comparan con el factor de emisión de electricidad recomendado por el organismo de exportación del IPCC (IPCC, 2017). Según el IPCC, el factor de emisión para CH_4 es de 5 a 12% del valor del factor de emisión para CO_2 , y de 1 a 2% para el caso de N_2O . En el caso del sistema de numeración de emisión obtenido para Ecuador Ambos representan menos del 1% del valor del factor de emisión de CO_2 , y, al igual que para el factor de emisión del IPCC de EE. UU., CH_4 es mayor que N_2O .

MESES	CONSUMO ELECTRICO (kWh) AÑO 2019	CONSUMO ELECTRICO (kWh) AÑO 2020
ENERO	26 321	25 492
FEBRERO	23 394	19 592
MARZO	21 513	15 273
ABRIL	23 260	8 228
MAYO	25 671	8 505
JUNIO	21 981	8 194
JULIO	25 776	8 536
AGOSTO	17 940	10 170
SEPTIEMBRE	19 467	9 447
OCTUBRE	21 432	10 132
NOVIEMBRE	22 837	10 515
DICIEMBRE	20 092	10 074

Tabla 13. Consumo eléctrico en Posgrados de los años 2019 y 2020.

Fuente: Los Autores

MESES	CONSUMO ELECTRICO (kWh) AÑO 2019	CONSUMO ELECTRICO (kWh) AÑO 2020
ENERO	3 581,22	6 857,46
FEBRERO	2 926,38	5 316,24
MARZO	3 103,86	4 135,08
ABRIL	3 367,02	2 093,04
MAYO	3 939,24	2 503,08
JUNIO	4 522,68	4 429,86
JULIO	4 676,70	5 320,32
AGOSTO	4 189,14	3 414,96
SEPTIEMBRE	5 036,76	3 411,90
OCTUBRE	5 173,44	3 022,26
NOVIEMBRE	7 097,16	2 510,22
DICIEMBRE	5 401,92	2 479,62

Tabla 14. Consumo eléctrico en el CIITT de los años 2019 y 2020.

Fuente: Los Autores

En las tablas 13 y 14 tenemos la recopilación de los datos de consumo eléctrico del edificio de posgrados y del CIITT datos obtenidos de la Centro Sur podemos ver en las tablas que el consumo disminuyo en el año 2020 en ambos edificios esto debido a la pandemia (Covid-19) que obligo a cesar actividades.

A continuación, se calculó las emisiones de CO_2 eq de cada mes de estudio con los valores las tablas 13 y 14 haciendo uso de la ecuación (3).

8.1.1 Emisiones Posgrados 2019.

$$E = (Ct \times feCO_2 \times PCGCO_2) + (Ct \times feCH_4 \times PCGCH_4) + (Ct \times fN_2O \times PCGN_2O)$$

$$E = (26321 kWh \times 188.82 g/kWh \times 1) + (26321 kWh \times 0.02 g/kWh \times 28) + (26321 kWh \times 0.0013 g/kWh \times 265)$$

$$E (Enero) = 4993738,565 g CO_2$$

$$E = (Ct \times feCO_2 \times PCGCO_2) + (Ct \times feCH_4 \times PCGCH_4) + (Ct \times fN_2O \times PCGN_2O)$$

$$E = (23394 kWh \times 188.82 g/kWh \times 1) + (23394 kWh \times 0.02 g/kWh \times 28) + (23394 kWh \times 0.0013 g/kWh \times 265)$$

$$E (Febrero) = 4438414,953 g CO_2$$

$$E = (Ct \times feCO_2 \times PCGCO_2) + (Ct \times feCH_4 \times PCGCH_4) + (Ct \times fN_2O \times PCGN_2O)$$

$$E = (21513 kWh \times 188.82 g/kWh \times 1) + (21513 kWh \times 0.02 g/kWh \times 28) + (21513 kWh \times 0.0013 g/kWh \times 265)$$

$$E (Marzo) = 4081543,169 g CO_2$$

$$E = (Ct \times feCO_2 \times PCGCO_2) + (Ct \times feCH_4 \times PCGCH_4) + (Ct \times fN_2O \times PCGN_2O)$$

$$E = (23260 kWh \times 188.82 g/kWh \times 1) + (23260 kWh \times 0.02 g/kWh \times 28) + (23260 kWh \times 0.0013 g/kWh \times 265)$$

$$E (Abril) = 4412991,87 g CO_2$$

$$E = (Ct \times feCO_2 \times PCGCO_2) + (Ct \times feCH_4 \times PCGCH_4) + (Ct \times fN_2O \times PCGN_2O)$$

$$E = (25671 \text{ kWh} \times 188.82 \text{ g/kWh} \times 1) + (25671 \text{ kWh} \times 0.02 \text{ g/kWh} \times 28) + (25671 \text{ kWh} \times 0.0013 \text{ g/kWh} \times 265)$$

$$E (\text{Mayo}) = 4870417,64 \text{ g CO}_2$$

$$E = (Ct \times feCO_2 \times PCGCO_2) + (Ct \times feCH_4 \times PCGCH_4) + (Ct \times fN_2O \times PCGN_2O)$$

$$E = (21981 \text{ kWh} \times 188.82 \text{ g/kWh} \times 1) + (21981 \text{ kWh} \times 0.02 \text{ g/kWh} \times 28) + (21981 \text{ kWh} \times 0.0013 \text{ g/kWh} \times 265)$$

$$E (\text{Junio}) = 4170334,235 \text{ g CO}_2$$

$$E = (Ct \times feCO_2 \times PCGCO_2) + (Ct \times feCH_4 \times PCGCH_4) + (Ct \times fN_2O \times PCGN_2O)$$

$$E = (25776 \text{ kWh} \times 188.82 \text{ g/kWh} \times 1) + (25776 \text{ kWh} \times 0.02 \text{ g/kWh} \times 28) + (25776 \text{ kWh} \times 0.0013 \text{ g/kWh} \times 265)$$

$$E (\text{Julio}) = 4890338,712 \text{ g CO}_2$$

$$E = (Ct \times feCO_2 \times PCGCO_2) + (Ct \times feCH_4 \times PCGCH_4) + (Ct \times fN_2O \times PCGN_2O)$$

$$E = (17940 \text{ kWh} \times 188.82 \text{ g/kWh} \times 1) + (17940 \text{ kWh} \times 0.02 \text{ g/kWh} \times 28) + (17940 \text{ kWh} \times 0.0013 \text{ g/kWh} \times 265)$$

$$E (\text{Agosto}) = 3403657,53 \text{ g CO}_2$$

$$E = (Ct \times feCO_2 \times PCGCO_2) + (Ct \times feCH_4 \times PCGCH_4) + (Ct \times fN_2O \times PCGN_2O)$$

$$E = (19467 \text{ kWh} \times 188.82 \text{ g/kWh} \times 1) + (19467 \text{ kWh} \times 0.02 \text{ g/kWh} \times 28) + (19467 \text{ kWh} \times 0.0013 \text{ g/kWh} \times 265)$$

$$E (\text{Septiembre}) = 3693366,842 \text{ g CO}_2$$

$$E = (Ct \times feCO_2 \times PCGCO_2) + (Ct \times feCH_4 \times PCGCH_4) + (Ct \times fN_2O \times PCGN_2O)$$

$$E = (21432 \text{ kWh} \times 188.82 \text{ g/kWh} \times 1) + (21432 \text{ kWh} \times 0.02 \text{ g/kWh} \times 28) + (21432 \text{ kWh} \times 0.0013 \text{ g/kWh} \times 265)$$

$$E (\text{Octubre}) = 4066175,484 \text{ g CO}_2$$

$$E = (Ct \times feCO_2 \times PCGCO_2) + (Ct \times feCH_4 \times PCGCH_4) + (Ct \times fN_2O \times PCGN_2O)$$

$$E = (22837 \text{ kWh} \times 188.82 \text{ g/kWh} \times 1) + (22837 \text{ kWh} \times 0.02 \text{ g/kWh} \times 28) + (22837 \text{ kWh} \times 0.0013 \text{ g/kWh} \times 265)$$

$$E (\text{Noviembre}) = 4332738,407 \text{ g CO}_2$$

$$E = (Ct \times feCO_2 \times PCGCO_2) + (Ct \times feCH_4 \times PCGCH_4) + (Ct \times fN_2O \times PCGN_2O)$$

$$E = (20092 \text{ kWh} \times 188.82 \text{ g/kWh} \times 1) + (20092 \text{ kWh} \times 0.02 \text{ g/kWh} \times 28) + (20092 \text{ kWh} \times 0.0013 \text{ g/kWh} \times 265)$$

$$E (\text{Diciembre}) = 3811944,654 \text{ g CO}_2$$

8.1.2 Emisiones Posgrados 2020.

$$E = (Ct \times feCO_2 \times PCGCO_2) + (Ct \times feCH_4 \times PCGCH_4) + (Ct \times fN_2O \times PCGN_2O)$$

$$E = (25492 \text{ kWh} \times 188.82 \text{ g/kWh} \times 1) + (25492 \text{ kWh} \times 0.02 \text{ g/kWh} \times 28) + (25492 \text{ kWh} \times 0.0013 \text{ g/kWh} \times 265)$$

$$E (\text{Enero}) = 4836456,954 \text{ g CO}_2$$

$$E = (Ct \times feCO_2 \times PCGCO_2) + (Ct \times feCH_4 \times PCGCH_4) + (Ct \times fN_2O \times PCGN_2O)$$

$$E = (19592 \text{ kWh} \times 188.82 \text{ g/kWh} \times 1) + (19592 \text{ kWh} \times 0.02 \text{ g/kWh} \times 28) + (19592 \text{ kWh} \times 0.0013 \text{ g/kWh} \times 265)$$

$$E (\text{Febrero}) = 3717082,404 \text{ g CO}_2$$

$$E = (Ct \times feCO_2 \times PCGCO_2) + (Ct \times feCH_4 \times PCGCH_4) + (Ct \times fN_2O \times PCGN_2O)$$

$$E = (15273 \text{ kWh} \times 188.82 \text{ g/kWh} \times 1) + (15273 \text{ kWh} \times 0.02 \text{ g/kWh} \times 28) + (15273 \text{ kWh} \times 0.0013 \text{ g/kWh} \times 265)$$

$$E (\text{Marzo}) = 2897662,289 \text{ g CO}_2$$

$$E = (Ct \times feCO_2 \times PCGCO_2) + (Ct \times feCH_4 \times PCGCH_4) + (Ct \times fN_2O \times PCGN_2O)$$

$$E = (8228 \text{ kWh} \times 188.82 \text{ g/kWh} \times 1) + (8228 \text{ kWh} \times 0.02 \text{ g/kWh} \times 28) + (8228 \text{ kWh} \times 0.0013 \text{ g/kWh} \times 265)$$

$$E (\text{Abril}) = 1561053,186 \text{ g CO}_2$$

$$E = (Ct \times feCO_2 \times PCGCO_2) + (Ct \times feCH_4 \times PCGCH_4) + (Ct \times fN_2O \times PCGN_2O)$$

$$E = (8505 \text{ kWh} \times 188.82 \text{ g/kWh} \times 1) + (8505 \text{ kWh} \times 0.02 \text{ g/kWh} \times 28) + (8505 \text{ kWh} \times 0.0013 \text{ g/kWh} \times 265)$$

$$E (\text{Mayo}) = 1613606,873 \text{ g CO}_2$$

$$E = (Ct \times feCO_2 \times PCGCO_2) + (Ct \times feCH_4 \times PCGCH_4) + (Ct \times fN_2O \times PCGN_2O)$$

$$E = (8194 \text{ kWh} \times 188.82 \text{ g/kWh} \times 1) + (8194 \text{ kWh} \times 0.02 \text{ g/kWh} \times 28) + (8194 \text{ kWh} \times 0.0013 \text{ g/kWh} \times 265)$$

$$E (\text{Junio}) = 1554602,553 \text{ g CO}_2$$

$$E = (Ct \times feCO_2 \times PCGCO_2) + (Ct \times feCH_4 \times PCGCH_4) + (Ct \times fN_2O \times PCGN_2O)$$

$$E = (8536 \text{ kWh} \times 188.82 \text{ g/kWh} \times 1) + (8536 \text{ kWh} \times 0.02 \text{ g/kWh} \times 28) + (8536 \text{ kWh} \times 0.0013 \text{ g/kWh} \times 265)$$

$$E (\text{Julio}) = 1619488,332 \text{ g CO}_2$$

$$E = (Ct \times feCO_2 \times PCGCO_2) + (Ct \times feCH_4 \times PCGCH_4) + (Ct \times fN_2O \times PCGN_2O)$$

$$E = (10170 \text{ kWh} \times 188.82 \text{ g/kWh} \times 1) + (10170 \text{ kWh} \times 0.02 \text{ g/kWh} \times 28) + (10170 \text{ kWh} \times 0.0013 \text{ g/kWh} \times 265)$$

$$E (\text{Agosto}) = 1929498,165 \text{ g CO}_2$$

$$E = (Ct \times feCO_2 \times PCGCO_2) + (Ct \times feCH_4 \times PCGCH_4) + (Ct \times fN_2O \times PCGN_2O)$$

$$E = (9447 \text{ kWh} \times 188.82 \text{ g/kWh} \times 1) + (9447 \text{ kWh} \times 0.02 \text{ g/kWh} \times 28) + (9447 \text{ kWh} \times 0.0013 \text{ g/kWh} \times 265)$$

$$E (\text{Septiembre}) = 1792327,352 \text{ g CO}_2$$

$$E = (Ct \times feCO_2 \times PCGCO_2) + (Ct \times feCH_4 \times PCGCH_4) + (Ct \times fN_2O \times PCGN_2O)$$

$$E = (10132 \text{ kWh} \times 188.82 \text{ g/kWh} \times 1) + (10132 \text{ kWh} \times 0.02 \text{ g/kWh} \times 28) + (10132 \text{ kWh} \times 0.0013 \text{ g/kWh} \times 265)$$

$$E (\text{Octubre}) = 1922288,634 \text{ g CO}_2$$

$$E = (Ct \times feCO_2 \times PCGCO_2) + (Ct \times feCH_4 \times PCGCH_4) + (Ct \times fN_2O \times PCGN_2O)$$

$$E = (10515 \text{ kWh} \times 188.82 \text{ g/kWh} \times 1) + (10515 \text{ kWh} \times 0.02 \text{ g/kWh} \times 28) + (10515 \text{ kWh} \times 0.0013 \text{ g/kWh} \times 265)$$

$$E (\text{Noviembre}) = 1994953,118 \text{ g CO}_2$$

$$E = (Ct \times feCO_2 \times PCGCO_2) + (Ct \times feCH_4 \times PCGCH_4) + (Ct \times fN_2O \times PCGN_2O)$$

$$E = (10074 \text{ kWh} \times 188.82 \text{ g/kWh} \times 1) + (10074 \text{ kWh} \times 0.02 \text{ g/kWh} \times 28) + (10074 \text{ kWh} \times 0.0013 \text{ g/kWh} \times 265)$$

$$E (\text{Diciembre}) = 1911284,613 \text{ g CO}_2$$

Se construye una tabla resumen de los resultados obtenidos de la aplicación de la ecuación 3 obteniendo los siguientes resultados de huella de carbono emitida por consumo eléctrico en 2019 y 2020 en Posgrados:

MESES	CONSUMO ELECTRICICO (kWh) AÑO 2019	HC EMITIDA (g CO ₂) 2019	CONSUMO ELECTRICICO (kWh) AÑO 2020	HC EMITIDA (g CO ₂) 2020
ENERO	26 321	4'993 738,56	25 492	4'836 456,95
FEBRERO	23 394	4'438 414,95	19 592	3'717 082,40
MARZO	21 513	4'081 543,16	15 273	2'897 662,28
ABRIL	23 260	4'412 991,87	8 228	1'561 053,18
MAYO	25 671	4'870 417,64	8 505	1'613 606,87
JUNIO	21 981	4'170 334,23	8 194	1'554 602,55
JULIO	25 776	4'890 338,71	8 536	1'619 488,33
AGOSTO	17 940	3'403 657,53	10 170	1'929 498,16
SEPTIEMBRE	19 467	3'693 366,84	9 447	1'792 327,35
OCTUBRE	21 432	4'066 175,48	10 132	1'922 288,63
NOVIEMBRE	22 837	4'332 738,40	10 515	1'994 953,11
DICIEMBRE	20 092	3'811 944,65	10 074	1'911 284,61
TOTAL HC g CO ₂		51'165 662,00		27'350 304,40
HC t CO ₂		51,16		27,35

Tabla 15. Cálculo de la huella de Carbono emitida en base al consumo eléctrico en el edificio de posgrados en los años 2019 y 2020.

Fuente: Los Autores.

En base a los cálculos anteriormente realizados se construyó la tabla 15 para una mejor interpretación de los datos, así mismo, se realizó la suma total de las emisiones de CO₂ mensuales de ambos años (2019-2020) y posteriormente se hizo una conversión de unidades con una regla de tres simple para pasar de g de CO₂ a t CO₂.

Ahora se procede al cálculo de la huella de Carbono emitida en el edificio del Centro de Innovación e Investigación y Transferencia de Tecnología (CIITT) de la Universidad Católica de Cuenca.

8.1.3 Emisiones CIITT 2019.

$$E = (Ct \times feCO_2 \times PCGCO_2) + (Ct \times feCH_4 \times PCGCH_4) + (Ct \times fN_2O \times PCGN_2O)$$

$$E = (3581,22 \text{ kWh} \times 188.82 \text{ g/kWh} \times 1) + (3581,22 \text{ kWh} \times 0.02 \text{ g/kWh} \times 28) + (3581,22 \text{ kWh} \times 0.0013 \text{ g/kWh} \times 265)$$

$$E (\text{Enero}) = 679445,1739 \text{ g CO}_2$$

$$E = (Ct \times feCO_2 \times PCGCO_2) + (Ct \times feCH_4 \times PCGCH_4) + (Ct \times fN_2O \times PCGN_2O)$$

$$E = (2926,38 \text{ kWh} \times 188.82 \text{ g/kWh} \times 1) + (2926,38 \text{ kWh} \times 0.02 \text{ g/kWh} \times 28) + (2926,38 \text{ kWh} \times 0.0013 \text{ g/kWh} \times 265)$$

$$E (\text{Febrero}) = 555205,982 \text{ g CO}_2$$

$$E = (Ct \times feCO_2 \times PCGCO_2) + (Ct \times feCH_4 \times PCGCH_4) + (Ct \times fN_2O \times PCGN_2O)$$

$$E = (3103,86 \text{ kWh} \times 188.82 \text{ g/kWh} \times 1) + (3103,86 \text{ kWh} \times 0.02 \text{ g/kWh} \times 28) + (3103,86 \text{ kWh} \times 0.0013 \text{ g/kWh} \times 265)$$

$$E (\text{Marzo}) = 588878,2866 \text{ g CO}_2$$

$$E = (Ct \times feCO_2 \times PCGCO_2) + (Ct \times feCH_4 \times PCGCH_4) + (Ct \times fN_2O \times PCGN_2O)$$

$$E = (3367,02 \text{ kWh} \times 188.82 \text{ g/kWh} \times 1) + (3367,02 \text{ kWh} \times 0.02 \text{ g/kWh} \times 28) + (3367,02 \text{ kWh} \times 0.0013 \text{ g/kWh} \times 265)$$

$$E (\text{Abril}) = 638806,186 \text{ g CO}_2$$

$$E = (Ct \times feCO_2 \times PCGCO_2) + (Ct \times feCH_4 \times PCGCH_4) + (Ct \times fN_2O \times PCGN_2O)$$

$$E = (3939,24 \text{ kWh} \times 188.82 \text{ g/kWh} \times 1) + (3939,24 \text{ kWh} \times 0.02 \text{ g/kWh} \times 28) + (3939,24 \text{ kWh} \times 0.0013 \text{ g/kWh} \times 265)$$

$$E (\text{Mayo}) = 747370,3394 \text{ g CO}_2$$

$$E = (Ct \times feCO_2 \times PCGCO_2) + (Ct \times feCH_4 \times PCGCH_4) + (Ct \times fN_2O \times PCGN_2O)$$

$$E = (4522,68 \text{ kWh} \times 188.82 \text{ g/kWh} \times 1) + (4522,68 \text{ kWh} \times 0.02 \text{ g/kWh} \times 28) + (4522,68 \text{ kWh} \times 0.0013 \text{ g/kWh} \times 265)$$

$$E (\text{Junio}) = 858063,2017 \text{ g CO}_2$$

$$E = (Ct \times feCO_2 \times PCGCO_2) + (Ct \times feCH_4 \times PCGCH_4) + (Ct \times fN_2O \times PCGN_2O)$$

$$E = (4676,7 \text{ kWh} \times 188.82 \text{ g/kWh} \times 1) + (4676,7 \text{ kWh} \times 0.02 \text{ g/kWh} \times 28) + (4676,7 \text{ kWh} \times 0.0013 \text{ g/kWh} \times 265)$$

$$E (\text{Julio}) = 887284,5692 \text{ g CO}_2$$

$$E = (Ct \times feCO_2 \times PCGCO_2) + (Ct \times feCH_4 \times PCGCH_4) + (Ct \times fN_2O \times PCGN_2O)$$

$$E = (4189,14 \text{ kWh} \times 188.82 \text{ g/kWh} \times 1) + (4189,14 \text{ kWh} \times 0.02 \text{ g/kWh} \times 28) + (4189,14 \text{ kWh} \times 0.0013 \text{ g/kWh} \times 265)$$

$$E (\text{Agosto}) = 794782,4919 \text{ g CO}_2$$

$$E = (Ct \times feCO_2 \times PCGCO_2) + (Ct \times feCH_4 \times PCGCH_4) + (Ct \times fN_2O \times PCGN_2O)$$

$$E = (5036,76 \text{ kWh} \times 188.82 \text{ g/kWh} \times 1) + (5036,76 \text{ kWh} \times 0.02 \text{ g/kWh} \times 28) + (5036,76 \text{ kWh} \times 0.0013 \text{ g/kWh} \times 265)$$

$$E (\text{Septiembre}) = 955596,7726 \text{ g CO}_2$$

$$E = (Ct \times feCO_2 \times PCGCO_2) + (Ct \times feCH_4 \times PCGCH_4) + (Ct \times fN_2O \times PCGN_2O)$$

$$E = (5173,44 \text{ kWh} \times 188.82 \text{ g/kWh} \times 1) + (5173,44 \text{ kWh} \times 0.02 \text{ g/kWh} \times 28) + (5173,44 \text{ kWh} \times 0.0013 \text{ g/kWh} \times 265)$$

$$E (\text{Octubre}) = 981528,3173 \text{ g CO}_2$$

$$E = (Ct \times feCO_2 \times PCGCO_2) + (Ct \times feCH_4 \times PCGCH_4) + (Ct \times fN_2O \times PCGN_2O)$$

$$E = (7097,16 \text{ kWh} \times 188.82 \text{ g/kWh} \times 1) + (7097,16 \text{ kWh} \times 0.02 \text{ g/kWh} \times 28) + (7097,16 \text{ kWh} \times 0.0013 \text{ g/kWh} \times 265)$$

$$E (\text{Noviembre}) = 1346505,132 \text{ g CO}_2$$

$$E = (Ct \times feCO_2 \times PCGCO_2) + (Ct \times feCH_4 \times PCGCH_4) + (Ct \times fN_2O \times PCGN_2O)$$

$$E = (5401,92 \text{ kWh} \times 188.82 \text{ g/kWh} \times 1) + (5401,92 \text{ kWh} \times 0.02 \text{ g/kWh} \times 28) + (5401,92 \text{ kWh} \times 0.0013 \text{ g/kWh} \times 265)$$

$$E (\text{Diciembre}) = 1024876,571 \text{ g CO}_2$$

8.1.4 Emisiones CIITT 2020.

$$E = (Ct \times feCO_2 \times PCGCO_2) + (Ct \times feCH_4 \times PCGCH_4) + (Ct \times fN_2O \times PCGN_2O)$$
$$E = (6857,46 \text{ kWh} \times 188.82 \text{ g/kWh} \times 1) + (6857,46 \text{ kWh} \times 0.02 \text{ g/kWh} \times 28) + (6857,46 \text{ kWh} \times 0.0013 \text{ g/kWh} \times 265)$$
$$E (\text{Enero}) = 1301028,17 \text{ g CO}_2$$

$$E = (Ct \times feCO_2 \times PCGCO_2) + (Ct \times feCH_4 \times PCGCH_4) + (Ct \times fN_2O \times PCGN_2O)$$
$$E = (5316,24 \text{ kWh} \times 188.82 \text{ g/kWh} \times 1) + (5316,24 \text{ kWh} \times 0.02 \text{ g/kWh} \times 28) + (5316,24 \text{ kWh} \times 0.0013 \text{ g/kWh} \times 265)$$
$$E (\text{Febrero}) = 1008620,97 \text{ g CO}_2$$

$$E = (Ct \times feCO_2 \times PCGCO_2) + (Ct \times feCH_4 \times PCGCH_4) + (Ct \times fN_2O \times PCGN_2O)$$
$$E = (4135,08 \text{ kWh} \times 188.82 \text{ g/kWh} \times 1) + (4135,08 \text{ kWh} \times 0.02 \text{ g/kWh} \times 28) + (4135,08 \text{ kWh} \times 0.0013 \text{ g/kWh} \times 265)$$
$$E (\text{Marzo}) = 784525,9855 \text{ g CO}_2$$

$$E = (Ct \times feCO_2 \times PCGCO_2) + (Ct \times feCH_4 \times PCGCH_4) + (Ct \times fN_2O \times PCGN_2O)$$
$$E = (2093,04 \text{ kWh} \times 188.82 \text{ g/kWh} \times 1) + (2093,04 \text{ kWh} \times 0.02 \text{ g/kWh} \times 28) + (2093,04 \text{ kWh} \times 0.0013 \text{ g/kWh} \times 265)$$
$$E (\text{Abril}) = 397100,96 \text{ g CO}_2$$

$$E = (Ct \times feCO_2 \times PCGCO_2) + (Ct \times feCH_4 \times PCGCH_4) + (Ct \times fN_2O \times PCGN_2O)$$
$$E = (2503,08 \text{ kWh} \times 188.82 \text{ g/kWh} \times 1) + (2503,08 \text{ kWh} \times 0.02 \text{ g/kWh} \times 28) + (2503,08 \text{ kWh} \times 0.0013 \text{ g/kWh} \times 265)$$
$$E (\text{Mayo}) = 474895,6015 \text{ g CO}_2$$

$$E = (Ct \times feCO_2 \times PCGCO_2) + (Ct \times feCH_4 \times PCGCH_4) + (Ct \times fN_2O \times PCGN_2O)$$
$$E = (4429,86 \text{ kWh} \times 188.82 \text{ g/kWh} \times 1) + (4429,86 \text{ kWh} \times 0.02 \text{ g/kWh} \times 28) + (4429,86 \text{ kWh} \times 0.0013 \text{ g/kWh} \times 265)$$
$$E (\text{Junio}) = 840452,9736 \text{ g CO}_2$$

$$E = (Ct \times feCO_2 \times PCGCO_2) + (Ct \times feCH_4 \times PCGCH_4) + (Ct \times fN_2O \times PCGN_2O)$$
$$E = (5320,32 \text{ kWh} \times 188.82 \text{ g/kWh} \times 1) + (5320,32 \text{ kWh} \times 0.02 \text{ g/kWh} \times 28) + (5320,32 \text{ kWh} \times 0.0013 \text{ g/kWh} \times 265)$$
$$E (\text{Julio}) = 1009395,052 \text{ g CO}_2$$

$$E = (Ct \times feCO_2 \times PCGCO_2) + (Ct \times feCH_4 \times PCGCH_4) + (Ct \times fN_2O \times PCGN_2O)$$
$$E = (3414,96 \text{ kWh} \times 188.82 \text{ g/kWh} \times 1) + (3414,96 \text{ kWh} \times 0.02 \text{ g/kWh} \times 28) + (3414,96 \text{ kWh} \times 0.0013 \text{ g/kWh} \times 265)$$
$$E (\text{Agosto}) = 647901,5785 \text{ g CO}_2$$

$$E = (Ct \times feCO_2 \times PCGCO_2) + (Ct \times feCH_4 \times PCGCH_4) + (Ct \times fN_2O \times PCGN_2O)$$
$$E = (3411,9 \text{ kWh} \times 188.82 \text{ g/kWh} \times 1) + (3411,9 \text{ kWh} \times 0.02 \text{ g/kWh} \times 28) + (3411,9 \text{ kWh} \times 0.0013 \text{ g/kWh} \times 265)$$
$$E (\text{Septiembre}) = 647321,0216 \text{ g CO}_2$$

$$E = (Ct \times feCO_2 \times PCGCO_2) + (Ct \times CH_4 \times PCGCH_4) + (Ct \times fN_2O \times PCGN_2O)$$
$$E = (3022,26 \text{ kWh} \times 188.82 \text{ g/kWh} \times 1) + (3022,26 \text{ kWh} \times 0.02 \text{ g/kWh} \times 28) + (3022,26 \text{ kWh} \times 0.0013 \text{ g/kWh} \times 265)$$
$$E (\text{Octubre}) = 573396,7674 \text{ g CO}_2$$

$$E = (Ct \times feCO_2 \times PCGCO_2) + (Ct \times feCH_4 \times PCGCH_4) + (Ct \times fN_2O \times PCGN_2O)$$
$$E = (2510,22 \text{ kWh} \times 188.82 \text{ g/kWh} \times 1) + (2510,22 \text{ kWh} \times 0.02 \text{ g/kWh} \times 28) + (2510,22 \text{ kWh} \times 0.0013 \text{ g/kWh} \times 265)$$
$$E (\text{Noviembre}) = 476250,2344 \text{ g CO}_2$$

$$E = (Ct \times feCO_2 \times PCGCO_2) + (Ct \times feCH_4 \times PCGCH_4) + (Ct \times fN_2O \times PCGN_2O)$$
$$E = (2479,62 \text{ kWh} \times 188.82 \text{ g/kWh} \times 1) + (2479,62 \text{ kWh} \times 0.02 \text{ g/kWh} \times 28) + (2479,62 \text{ kWh} \times 0.0013 \text{ g/kWh} \times 265)$$
$$E (\text{Diciembre}) = 470444,6647 \text{ g CO}_2$$

Se construye nuevamente una tabla resumen de los resultados obtenidos de la huella de carbono emitida por consumo eléctrico en el CIITT durante los años 2019 y 2020

MESES	CONSUMO ELECTRICO (kWh) AÑO 2019	HC EMITIDA (g CO ₂) 2019	CONSUMO ELECTRICO (kWh) AÑO 2020	HC EMITIDA (g CO ₂) 2020
ENERO	3 581,22	679 445,17	6 857,46	1'301 028,17
FEBRERO	2 926,38	555 205,98	5 316,24	1'008 620,97
MARZO	3 103,86	588 878,28	4 135,08	784 525,98
ABRIL	3 367,02	638 806,18	2 093,04	397 100,96
MAYO	3 939,24	747 370,33	2 503,08	474 895,60
JUNIO	4 522,68	858 063,20	4 429,86	840 452,97
JULIO	4 676,70	887 284,56	5 320,32	1'009 395,05
AGOSTO	4 189,14	794 782,49	3 414,96	647 901,57
SEPTIEMBRE	5 036,76	955 596,77	3 411,90	647 321,02
OCTUBRE	5 173,44	981 528,31	3 022,26	573 396,76
NOVIEMBRE	7 097,16	1'346 505,13	2 510,22	476 250,23
DICIEMBRE	5 401,92	1'024 876,57	2 479,62	470 444,66
TOTAL HC g CO₂		10'058 343,02		8'631 333,99
HC t CO₂		10,05		8,63

Tabla 16. Cálculo de la huella de Carbono emitida en base al consumo eléctrico en el edificio del CIITT en los años 2019 y 2020.

Fuente: Los Autores

En la tabla 16 los resultados obtenidos en los cálculos realizados de la emisión de CO₂ en base al consumo de energía eléctrica dentro del edificio del CIITT se procedió a construir la tabla para mejor interpretación de los datos obtenidos, así mismo, se realizó la suma de las emisiones de cada mes de ambos años obteniendo el total de emisiones anuales, se realizó una regla de tres simple para la transformación de unidades de pasar de gCO₂ a t CO₂ y así se obtuvo el resultado esperado al cálculo de la HC producida tanto en el edificio de Posgrados y en el CIITT de la UCACUE en donde observamos que efectivamente es necesario el reemplazo de las energías convencionales por energías limpias o renovables.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos realizamos una tabla resumen de los datos de las tablas 15 y 16 con los resultados más importantes para la investigación.

AÑO	HUELLA DE CARBONO PRODUCIDA POR CONSUMO ELECTRICO EN EL EDIFICIO DE POSGRADOS (t CO₂eq)	HUELLA DE CARBONO PRODUCIDA POR CONSUMO ELECTRICO EN EL CIITT (t CO₂eq)
2019	51,16	10,05
2020	27,35	8,63
TOTAL t CO₂eq	78,51	18,68

Tabla 17. Tabla resumen de la huella de carbono producida durante los años 2019 – 2020 en el edificio de Posgrados y el CIITT.

Fuente: Los Autores

Sin embargo, en la tabla 17 se presenta la cantidad total de la huella de carbono en toneladas de CO₂eq que se produce por consumo de energía eléctrica en las zonas de estudio, esto se realizó bajo el cálculo de la huella de carbono producida por consumo eléctrico expresada en la ecuación 3 en donde obtuvimos los resultados de las tablas 19 y 20, resultados que nos servirán para concluir la investigación.

Por consiguiente, se realiza una tabla de generacion eléctrica anual del panel solar, tanto del año 2019 como 2020 en ambas zonas de estudio asi mismo tenemos los resultados en unidades de W que se transformaron a kwh unidades que se usaron en las diferentes ecuaciones aplicadas.

	GENERACION ELECTRICA ANUAL CON UN PANEL SOLAR (W)		KWH	
	2019	2020	2019	2020
CIITT	4 481,80	3 784,50	46,61	39,35
POSGRADOS	4 638,70	4 359,70	48,24	45,34

Tabla 18. Generación eléctrica anual con un panel solar fotovoltaico.

Fuente: Los Autores

En la tabla 18 se muestran los datos de generación eléctrica anual producida con un panel solar, mismos datos que se obtuvieron de la tabla 3, se utilizó la ecuación 1 para

conversión de unidades de *W* a *Kwh*, en las diferentes zonas de estudio; para el cálculo de estos valores se aplicaron en los datos de las horas de radiación diarias promedio, energía eléctrica mensual producida por el panel solar y datos de radiación incidente en los lugares de estudio tablas 9,10, 11 y 12.

A continuación, tenemos la tabla resumen de consumo eléctrico anual tanto en posgrados como en el CIITT en los años 2019 y 2020 respectivamente.

CONSUMO ELECTRICO ANUAL KWH

	2019	2020
CIITT	53 015,52	45 494,04
POSGRADOS	269 684,00	144 158,00

Tabla 19. Consumo eléctrico anual kwh en las dos zonas de estudio.

Fuente: Los Autores

En la tabla 19 tenemos los datos de consumo eléctrico anual obtenidos de la base de datos de la Centro Sur mismos que se obtuvieron al tabular los datos de consumo eléctrico mensual tanto de Posgrados como del CIITT de los años 2019 y 2020 y saber cuánto se está consumiendo anualmente en ambos edificios. Además, se observa una reducción de consumo eléctrico significativo en el año 2020 en las 2 zonas de estudio esto se debe a la pandemia mundial (Covid-19) que obligó a cerrar temporalmente estos edificios por eso el consumo se vió afectado de manera positiva, pero para los siguientes análisis usaremos datos del 2019 siendo estos los más acertados a la realidad de consumo eléctrico.

Una vez obtenidos los resultados y datos necesarios en la investigación se proceden al cálculo de la cantidad de paneles fotovoltaicos que se necesitaran para la compensación del consumo eléctrico en ambos edificios (Posgrados y CIITT) y así la reducción de huella de carbono emitida por consumo eléctrico.

	2019	2020
CIITT	1 137,41	1 155,88
POSGRADOS	5 590,18	3 179,43

Tabla 20. Calculo de los paneles solares necesarios para cubrir la demanda eléctrica en las diferentes zonas de estudio.

Fuente: Los Autores

En la tabla 20 con base a la demanda eléctrica anual en las dos zonas de estudio tabla 19 y con los datos de la tabla 18 de generación de energía anual con un panel solar, se procedió a realizar el cálculo de los módulos fotovoltaicos necesarios para cubrir la demanda eléctrica dentro de ambos edificios con una regla de tres simple, en donde, si un panel anualmente genera 46,61 kwh tabla 18 y la demanda eléctrica anual es de 53 015,52 kwh, entonces para cubrir la demanda eléctrica del año 2019 en el CIITT necesitaremos 1 137 paneles solares así mismo con esta implementación se reducirá al 100% la HC producida en Posgrados y el CIITT de la Universidad Católica de Cuenca.

En base a los resultados obtenidos la propuesta que se realizó del uso de sistemas fotovoltaicos como reemplazo de las energías convencionales para la reducción de la huella de carbono dentro de los edificios de Posgrados y el Centro de Investigación Innovación y Transferencia de Tecnología (CIITT) de la UCACUE y teniendo en cuenta el número de paneles que se necesitan para cubrir la demanda eléctrica y reducción de HC, se debería desde el punto de vista ambiental realizar esta implementación en las zonas de estudio dejando de lado el tema económico ya que el estudio se basó en el tema beneficio ambiental esto le daría un plus a la universidad encaminándola a combatir la contaminación ambiental desde un punto de vista estratégico puesto que las energías renovables como el sol, en este caso para la producción de energía es inagotable. Posteriormente, la demanda eléctrica anual en las dos zonas de estudio y con los datos de la tabla 18 de generación de energía, se procedió a realizar una regla de tres simple, en donde, si un panel anualmente genera 46,61 *kwh*, entonces para cubrir la demanda eléctrica de 53 015,52 *kwh* al año necesitaremos 1 137 paneles solares.

CAPITULO VI

9. CONCLUSIONES

La cantidad total de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) generadas por consumo eléctrico en el edificio Campus de Posgrados Estancia Luis Cordero El Grande en el año 2019 fue de 51,16 tCO_2 , y en el Centro de Investigación, Innovación y Transferencia de Tecnología (CIITT) en el año 2019 fue de 10,05 tCO_2 , y el beneficio ambiental con la reducción de esta huella de carbono por medio del sistema fotovoltaico es la contribución a mitigar el impacto directo del cambio climático, se logra el diseño de un sistema de generación fotovoltaica adaptado a las condiciones de radiación, estructurales y eléctricas del edificio, aportando así a soluciones ambientales esenciales en la actualidad; la ventaja de su implementación es que la energía se produce en el mismo lugar, cabe recalcar que para las conclusiones finales se utilizaron los datos del año 2019 como resultados de la huella de carbono producida debido a que en el año 2020 se presentaron datos atípicos en ambas zonas de estudio.

Con los resultados obtenidos para reducir la huella de carbono producida en ambas zonas de estudio, encontramos que un panel solar abastece de 38,70 $KWh/año$ y compensa un total de 0,047 tCO_2 , y tomando en cuenta los datos de consumo eléctrico y generación de CO_2 del año 2019 para ambas zonas de estudio, por ende, estos datos no muestran resultados atípicos a comparación de los datos y resultados del consumo eléctrico y generación de CO_2 del año 2020 en donde por razones de pandemia mundial (Covid-19) los datos no muestran resultados 100% veraces y estos pueden alterar el resultado esperado dentro de la investigación.

Entonces si un panel solar evita el 0,09% de las emisiones totales tCO_2 en el edificio de Posgrados, para cubrir el 100% de la demanda eléctrica y emisiones de CO_2 se necesitan un total de 5 570 paneles solares, mientras que en el CIITT con un panel solar se evita 0,47% de las emisiones totales tCO_2 para cubrir el 100% de consumo eléctrico y emisiones de CO_2 se necesitan un total de 1 137 paneles solares, para esto se podría tratar de compensar la huella de carbono con otro tipo de energía renovable o en su caso empezar con una reducción del 30% dentro de ambos edificios.

Con base en mediciones realizadas, se determinó que la propuesta con el sistema fotovoltaico modelo GREEN ENERGY con módulos EG-350M-72, con una potencia máxima de 350W, es la alternativa de reemplazo de consumo de energía eléctrica generada por medio de combustibles fósiles.

La investigación del cálculo de la huella de carbono, así como la implementación de un sistema fotovoltaico, determino el gran impacto ambiental generado por las emisiones de GEI por parte del edificio Campus de Posgrados Estancia Luis Cordero El Grande y el Centro de Investigación, Innovación y Transferencia de Tecnología (CIITT), y así se propuso esta medida de manejo tangible e integral, para aportar a un proceso de implementación de energías limpias dentro de la Universidad Católica de Cuenca.

En función a los resultados obtenidos, se concluye que el estudio revela resultados favorables para la utilización de energía fotovoltaica. Es evidente la reducción de las emisiones en su utilización. Considerando que la vida útil de los paneles se estima en 25 años, siguen teniéndose más de 20 años de generación limpia. Debido a la contrastación con estudios similares, se tiene un alto nivel de confianza de las simulaciones realizadas, y por ende de los resultados.

Finalmente, con esta iniciativa pueden adquirir reconocimiento, innovación y un modelo a seguir para los demás Campus de la Universidad Católica de Cuenca en todo el país.

CAPÍTULO VI

10. RECOMENDACIONES

Innovar un sistema para la recolección de datos, con la finalidad de disminuir el tiempo que toma esta etapa, ya que este proceso es trabajoso en algunos aspectos.

Este estudio solo se enfoca a la huella de carbono generada dentro de los campos del CIITT y Posgrados de la Universidad Católica de Cuenca, es por esto que se sugiere utilizar los resultados del presente estudio como complemento o base para investigaciones futuras.

Utilizar esta tesis de investigación como línea base para futuras investigaciones o proyectos dentro de la Universidad Católica de Cuenca, con la finalidad de respaldar la eficiencia de la aplicación de las medidas de reducción y compensación, para de esta manera efectuar un seguimiento en el tiempo haciendo cambios o ajustes si es necesario.

Como un plus a esta investigación se recomienda la reforestación con árboles de eucalipto, ya que este es el que más CO_2 captura, dentro de las especies que están en nuestro país, siendo puntuales esta especie logra fijar 43,58 ($t/ha/año$) cada árbol, es decir, se necesitarían alrededor 1,17 hectáreas (Ha). No obstante, para compensar la huella de carbono generada en las zonas de estudio esta sería una buena alternativa frente a los paneles solares incluso esta investigación serviría para una nueva propuesta mixta para reducción utilizando especies vegetales y sistemas de energías limpias reduciendo la cantidad de paneles necesarios para cubrir la demanda total de energía eléctrica.

Debido a la gran cantidad de paneles fotovoltaicos que se necesitan para cubrir la demanda eléctrica dentro de ambos edificios y en vista de la limitación de espacio para instalar estos sistemas de energía limpia se recomienda hacer un análisis de costo para colocar una cantidad razonable de paneles dentro un espacio determinado y analizar la factibilidad para cubrir un 30% de la demanda eléctrica de ambas zonas de estudio.

Instalar los paneles en estructuras que permitan ajustar su inclinación para evitar las pérdidas por desviación de los ángulos solares.

Comparar los datos solares obtenidos con estadísticas de radiación en otras plataformas confiables de bases de datos climatológicos.

En caso de montar los paneles en estructuras fijas, seguir la propuesta de instalación de los paneles solares en el sector sur del techo del edificio para obtener mejores beneficios en la recepción de radiación.

Se debe considerar que las variaciones de temperatura y radiación a la que se somete el sistema fotovoltaico pueden variar los cálculos de producción eléctrica estimados en el diseño.

Dar mantenimiento al sistema fotovoltaico de forma que se alcance al menos la vida útil estimada para el sistema.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bibliografía

- Pandey, D. M., Agrawal, & Pandey, J. (2010). Carbon footprint: current methods of estimation. *Environmental Monitoring and Assessment*, 178(1-4), 135-160.
- Hertwich, E., & Peters, G. P. (2009). Carbon Footprint of Nations: A Global, Trade-Linked Analysis. *Environmental Science & Technology*, 43, 6414-6420.
- Schneider, H., & Samaniego, J. L. (2009). *La huella del carbono en la producción, distribución y consumo de bienes y servicios, documentos de proyectos*. Santiago de Chile: Comisión Económica para América Latina y el Caribe.
- CEPAL. (2009). *Cambio climático y desarrollo en América Latina y el Caribe: una reseña*. Comisión Económica Para América Latina e el Caribe.
- Espíndola, C., & Valderrama, J. (2012). Huella del Carbono. Parte 1: Conceptos, Métodos de Estimación y Complejidades Metodológicas. *Información Tecnológica*, 23(1), 163-176.
- IPCC. (1999). *Informe Especial del IPCC. La Aviación y la Atmósfera Global. Resumen para los responsables de políticas*. Intergovernmental Panel on Climate Change.
- IPCC. (2007). *Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático*. Ginebra, Suiza: Intergovernmental Panel on Climate Change.
- Salazar, F., Valencia, M., Velasco, A., & Ochoa-Herrera, V. (2019). Actualización de la huella de carbono de la Universidad San Francisco de Quito USFQ para el año 2015. *ACI Avances en Ciencias e Ingenierías*, 11 (18), 254 – 265.
- Ayllón, T. (2003). *Elementos de Meteorología y Climatología*. México: Trillas.
- Modi, V., Lallement, S. M., & Saghir, J. (2005). *Energy services for the Millennium Development goals*. Obtenido de <http://www.energyandenvironment.undp.org/undp/indexAction.cfm?module=Library&action=GetFile&DocumentID=576>
- BDAL. (2018). *Proyectos piloto*. Cuenca: Banco de Desarrollo de América Latina.
- Ministerio del Ambiente. (2012). *Estrategia Nacional del Cambio Climático 2012 - 2025*. Quito: Ministerio del Ambiente.
- Ramos, D. C. (2016). EVALUACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO DE LAS PRINCIPALES FUENTES DE EMISIÓN DE GASES DE EFECTO INVERNADERO EN EL CANTÓN GUANO. Riobamba, Ecuador: Escuela Superior Politécnica del Chimborazo.
- Rodríguez, M. F., Egúez, J. C., Marroquin, K. E., Haro, R. H., & Andrade, M. C. (2013). La Huella de Carbono y la Campaña De Marketing Verde. *In Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9).
- Gobierno de Quito. (2015). *Quito*. Obtenido de Huella de Ciudades: <http://huelladeciudades.com/calculadorasquito/huella-carbono.html>

- AgroEcuador. (2020). *Hidroeléctricas En Ecuador: ¿A Espaldas Del Cambio Climático?* Obtenido de AFROECUADOR: <http://www.agroecuador.org/index.php/blog-noticias/item/497-hidroelectricas-en-ecuador-a-espaldas-del-cambio-climatico>
- Silvonen, V. (2019). *Gases de efecto invernadero y sus efectos nocivos*. Obtenido de Genano: <https://www.genano.com/es/infobase/gases-de-efecto-invernadero-y-sus-efectos-nocivos>
- Registro Estatal de Emisiones y Fuentes Contaminantes. (2020). *CO (MONÓXIDO DE CARBONO)*. Obtenido de Registro Estatal de Emisiones y Fuentes Contaminantes: <http://www.prtr-es.es/CO-Monoxido-de-carbono,15589,11,2007.html>
- Feijo, K. (19 de ENERO de 2016). *www.aclimatecolombia.org*. Obtenido de aclimatecolombia: <http://www.aclimatecolombia.org/huella-de-Carbono/>
- Santamarta, J. (2004). LAS ENERGÍAS RENOVABLES SON EL FUTURO. *WORLDWATCH*, 34-35.
- Shyam, S. (2005). *ENERGÍA SOLAR CONCEPTOS BÁSICOS Y SU UTILIZACIÓN*. Costa Rica.
- Rivas, P. (20 de Febrero de 2020). *PANELES SOLARES FOTOVOLTAICOS ¿CUALES ELEGIMOS?* Obtenido de INSTALACIONES Y EFICIENCIA ENERGETICA: <https://instalacionesyeficienciaenergetica.com/paneles-solares-fotovoltaicos/>
- Luis, J. (5 de Febrero de 2016). *CONCIENCIA ECO*. Obtenido de concienciaeco.com: <https://www.concienciaeco.com/2016/02/05/los-arboles-mas-eficientes-la-absorcion-co2/>
- Luzardo, A. (Enero de 2016). *BIOD2 ECO NEWS Y PROYECTOS RENOVABLES*. Obtenido de biod2.wordpress.com.
- QUIMINET. (11 de Octubre de 2011). *Quiminet*. Obtenido de quiminet.com: <https://www.quiminet.com/articulos/el-uso-de-piranometros-en-estudios-meteorologicos-de-radiacion-solar-2587642.htm>
- Rodríguez, A., & Gutierrez, F. (2017). REDUCCION DE LA HUELLA DE CARBONO POR MEDIA DE LA IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO EN EL SECTOR HOTELERO, CASO DE ESTUDIO ANAIRA HOSTEL (LETIZIA-AMAZONAS-COLOMBIA).
- Jiménez, L. (2007). *Manuel de cálculo y reducción de huella de carbono en el sector hotelero*. España: Estudios Graficos Europeos, SA.
- Adler, F., Berardi, M., García, M., Monticelli, F., & Morquecho, M. (2013). *Energía Solar Fotovoltaica. Curso instalaciones industriales*, (págs. 11-12). Mar de Plata.
- Narva, O. (27 de Junio de 2020). *ForoVerde*. Obtenido de elforoverde.org: <https://elforoverde.org/energias-renovables/la-radiacion-solar/>
- Hernandez, P. (8 de marzo de 2014). *Arquitectura Eficiente*. Obtenido de pedrojhernandez.com: <https://pedrojhernandez.com/2014/03/08/radiacion-directa-difusa-y-reflejada/>
- Rodriguez, E. (12 de Marzo de 2021). *Area Tecnologica*. Obtenido de areatecnologica.com: <https://www.areatecnologica.com/electricidad/paneles-solares.html>
- Roa, M. M. (2020). ¿Cuánto han disminuido las emisiones de CO2 en 2020? . *statista*, 1.
- CEPAL. (2015). La Huella de Carbono en América Latina y el Caribe. Infografía. *etresconsultores*, 1.

- Regional, R. E. (2018). La capital Azuaya busca reducir la huella de carbono. *EL TELEGRAFO* , 1.
- INAMHI. (s.f.). *INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA*. Obtenido de INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA: <https://www.serviciometeorologico.gob.ec/>
- CGA, C. (2018). PROYECTO HUELLA DE CIUDADES. *PROYECTOS PILOTO*, 1.
- Latina, B. d. (2018). Cuenca redobla su apuesta por un crecimiento bajo en emisiones. *caf.com*, 1.
- UNIVERSO, E. (2019). Las emisiones de CO2 en el mundo se mantuvieron al alza en 2019. *EL Universo*.
- Parra, R. (2013). Factor de Emision de CO2 debido a la generación de electricidad en el Ecuador durante el periodo 2001 - 2011. *AVANCES EN CIENCIAS E INGENIERIAS*, 39-42.
- IPCC. (2014). Cambio climatico 2014 informe de sintesis. *Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático* (pág. 157). Ginebra, Suiza: Organizacion meteorologica mundial OMM.
- IPCC. (2017). Calentamiento global de 1,5°C. *Informe especial del IPCC sobre los impactos del calentamiento global de 1,5 °C con respecto a los niveles preindustriales y las trayectorias correspondientes que deberían seguir las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero* (pág. 110). MMS.
- ARCONEL. (2017). Estadística Anual y Multianual del Sector Eléctrico Ecuatoriano. *Estadística Agencia de control y regulacion de elctricidad*, (pág. 200). Quito.
- Constitución del Ecuador. (2008). *Constitución de la República del Ecuador. Quito-Ecuador: Registro Oficial, 449, 20-10*. Obtenido de <https://educacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/08/Constitucion.pdf>
- United Nations Climate Change. (2014). *Historia de la CMNUCC*. Obtenido de Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático: http://unfccc.int/porta1_espanol/informacion_basica/la_convencion/historia/items/6197.php
- Naciones Unidas. (1992). *Convencion Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático*. Nueva York: Naciones Unidas.
- Naciones Unidas. (1997). *Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las acciones Unidas sobre el Cambio Climático*. Kyoto: Naciones Unidas.
- Naciones Unidas. (2015). *Acuerdo de París* . Obtenido de https://unfccc.int/sites/default/files/spanish_paris_agreement.pdf
- Ley de Gestión Ambiental. (2004). *Codificación 19. 1-14*. Obtenido de <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/09/LEY-DE-GESTION-AMBIENTAL.pdf>
- ITC, I. T. (2008). *ENERGIAS RENOVABLES Y EFICIENCIA ENERGETICA*. INSTITUTO TECNOLOGICO DE CANARIAS.
- Morena, M. (Junio de 2016). PROPUESTA TECNICA PARA LA REDUCCION DE HUELLA DE CARBONO EN UN EDIFICIO DE UN LABORATORIO DE ENSAYOS. Costa Rica.

- CNN en Español. (2017). Estos son los países de América Latina que más CO2 emiten. *CNN*, 1.
- Dominica. (2019). Ecuador - Emisiones de CO2. *datosmacro.expansion*, 1.
- Certificado de Eficiencia Energética. (28 de Julio de 2014). *CERTIFICADO DE EFICIENCIA ENERGETICA*. Obtenido de CERTIFICADO DE EFICIENCIA ENERGETICA:
<https://certificadodeeficienciaenergetica.com/blog/eficiencia-energetica-y-energia-solar/>
- Cabezas, M., Franco, J., & Fasoli, H. (2018). Diseño y evaluación de un panel solar fotovoltaico y térmico para poblaciones dispersas en regiones de gran amplitud térmica. *Ingeniería, Investigación y Tecnología*, 19(2). 209-221. <http://www.scielo.org.mx/pdf/iit/v19n2/1405-7743-iit-19-02-209.pdf>.
- Salazar, A., Pichardo, A., & Pichardo, U. (2016). La energía solar, una alternativa para la generación de energía renovable. *Revista de Investigación y Desarrollo*, 2(5), 11-20.
https://www.ecorfan.org/spain/researchjournals/Investigacion_y_Desarrollo/vol2num5/Revista_de_Investigación_y_Desarrollo_V2_N5_2.pdf.
- Arroyo, F., & Miguel, L. (2019). Análisis de la variación de las emisiones de CO2 y posibles escenarios al 2030 en Ecuador. *Espacios*, 40(13).
<http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/18142/1/2019%20ANALISIS%20DE%20LA%20VARIACIÓN%20DE%20LAS%20EMISIONES%20DE%20CO2%20POSIIBLES%20ESCENARIOS%202030%20EN%20ECUADOR.pdf>.
- Cámara de Comercio de Quito. (2021). SICPA en Ecuador redujo 22.27% de su Huella de Carbono durante 2020. *Cámara de Comercio de Quito*, 1.
- Torres, L., Carbo, N., & López, J. (2017). Huella de carbono y los conocimientos, actitudes y prácticas de los estudiantes y personal del nivel secundario sobre emisiones de gases de efecto invernadero. *Apuntes Universitarios. Revista de Investigación*, 7(2), 1-10.
<https://www.redalyc.org/pdf/4676/467652767007.pdf>.
- Banco de Desarrollo de América Latina. (2018). *Proyecto Huella de ciudades*. Cuenca, Ecuador: SASA Servicios Ambientales S.A.
- Vilches, R., Dávila, F., & Varela, S. (2015). Determinación de la huella de carbono en la Universidad Politécnica Salesiana, Sede Quito, Campus Sur. Año base 2012 . *La Granja*, 21(1), 34-45.
<https://www.redalyc.org/pdf/4760/476047266004.pdf>.
- Manso, D., Parrado, C., & Aristizábal, A. (2017). Inventario de gases efecto invernadero en la Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano (Utadeo). *Mutis*, 7(2), 44-58.
<https://revistas.utadeo.edu.co/index.php/mutis/article/view/1252/1250>.
- Moscoso, D., Astudillo, A., & Morales, M. (2018). Inventario de emisiones atmosféricas provenientes de fuentes fijas de combustión del parque industrial del cantón Cuenca-Ecuador. *Revista Centro Azúcar*, 45(2), 33-45.
<http://scielo.sld.cu/pdf/caz/v45n2/caz04218.pdf>.
- Organización de las Naciones Unidas. (2015). *Objetivos de Desarrollo Sostenibel*. Obtenido de Organización de las Naciones Unidas:
<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>
- Torres, S., Jurado, F., Granados, D., & Lozano, A. (2018). Eficiencia en paneles solares. *Revista del Diseño Innovativo*, 2(2), 9-21.

https://www.ecorfan.org/taiwan/research_journals/Diseno_Innovativo/vol2num2/Revista_Diseno_Innovativo_V2_N2_2.pdf.

Vega, J., & Ramírez, S. (2014). *Fuentes de energía renovables y no renovables. (1era. ed.)*. México: Alfa Omega.

Instituto Tecnológico de Canarias. (2008). *Energías renovables y eficiencia energética*. Obtenido de <https://www.cienciacanaria.es/files/Libro-de-energias-renovables-y-eficiencia-energetica.pdf>

Jeri, J., & Sacha, G. (2017). *Proyecto de factibilidad en el uso de paneles solares como generación fotovoltaica para suministro de electricidad en ambientes ENAMM*. Obtenido de Escuela Nacional de Marina Mercante: <http://repositorio.enamm.edu.pe/handle/ENAMM/73>

Cieza, J. (2017). *Dimensionamiento de un Sistema Fotovoltaico para las Instalaciones Eléctricas de Alumbrado en el Hostal Lancelot Ubicado En Chiclayo*. Obtenido de <http://repositorio.unprg.edu.pe/handle/UNPRG/1919?show=full>

Gobierno de España. (2017). *Guía para el cálculo de la huella de carbono y para la elaboración de un plan de mejora de una organización*. Obtenido de Ministerio para la Transición Ecológica: https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/guia_huella_carbono_tcm30-479093.pdf

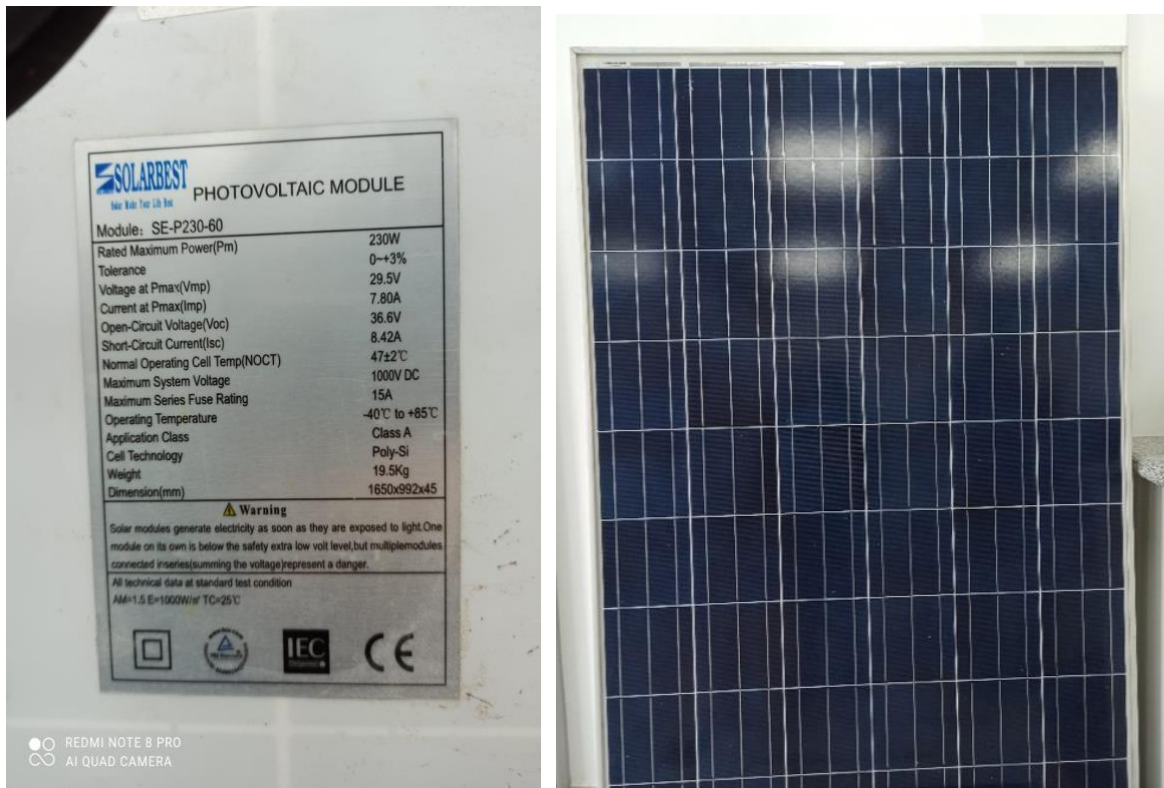
FAO. (2010). *Establecimiento y ordenación de las plantaciones de eucaliptos*. Obtenido de Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación: <https://www.fao.org/3/ac459s/ac459s08.htm>

Arencibia, G. (2016). La importancia del uso de paneles solares en la generación de energía eléctrica REDVET. *Revista Electrónica de Veterinaria*, 17(9), 1-4. <https://www.redalyc.org/pdf/636/63647456002.pdf>.

Tipán, L., & Torre, E. d. (2021). Caracterización de Energía Solar Fotovoltaica utilizando el Modelo Aniso Trópico de Muneer. *Revista Técnica Energía*, 17(2), 65-73. <http://revistaenergia.cenace.gob.ec/index.php/cenace/article/view/423/495>.

ANEXOS

Anexo 1. Panel solar



Anexo 1. Tipo de panel solar empleado en este proyecto





Anexo 2. Toma y almacenamiento de datos de radiación y energía generada.



● ○ REDMI NOTE 8 PRO
○ ○ AI QUAD CAMERA



Anexo 3. Recolección de datos

Anexo 4. Corriente vs Tensión Posgrados 2019

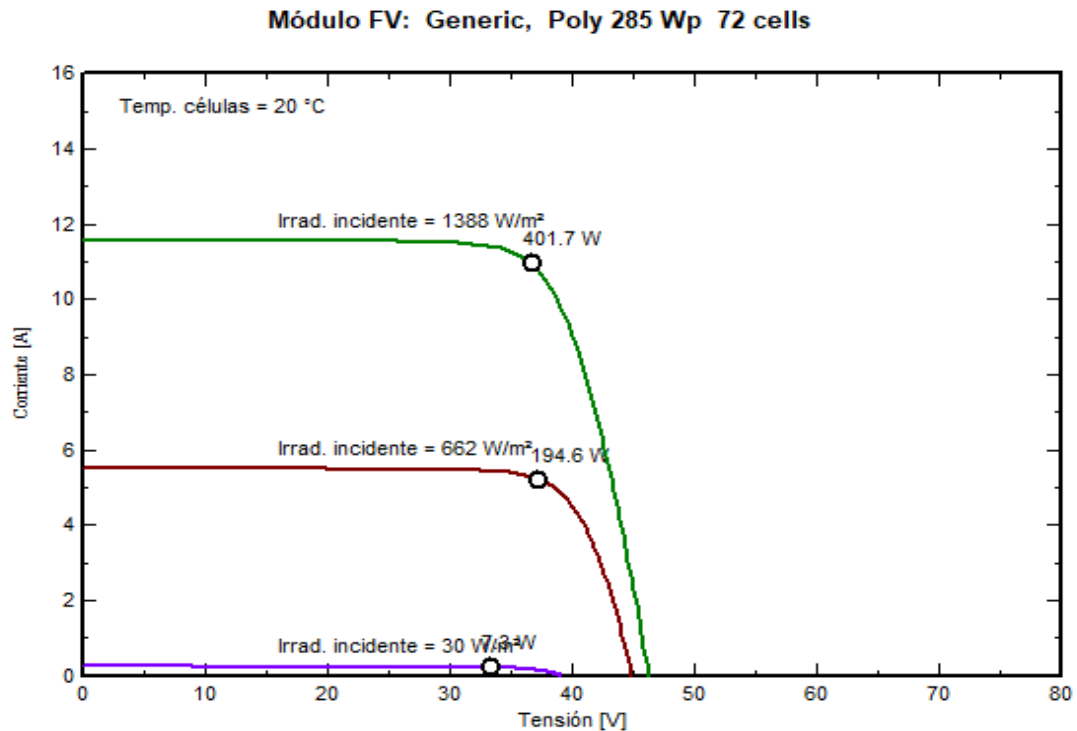


Figura 17. Enero 2019 Posgrados.

Fuente: Los Autores

En la figura 17 los valores de irradiación incidente del lugar de estudio, para tener una proyección de la eficiencia de los paneles solares utilizados en base a los datos de irradiación mostrados en las tablas 9,10,11 y 12, podemos observar que la curva de la figura corriente vs tensión nos muestra la potencia pico generada en W del panel solar, se hace uso de los datos máximos para calcular cuánto CO_2eq se reducirá esto se calcula utilizando la ecuación (2) descrita anteriormente así tenemos que en el mes de Enero 2019 en el edificio de posgrados con una irradiación máxima de 1388 w/m^2 se generan con el panel solar $401,7 \text{ W}$ reduciendo así un total de $5,0816 \text{ kgCO}_2\text{eq}$.

Módulo FV: Generic, Poly 285 Wp 72 cells

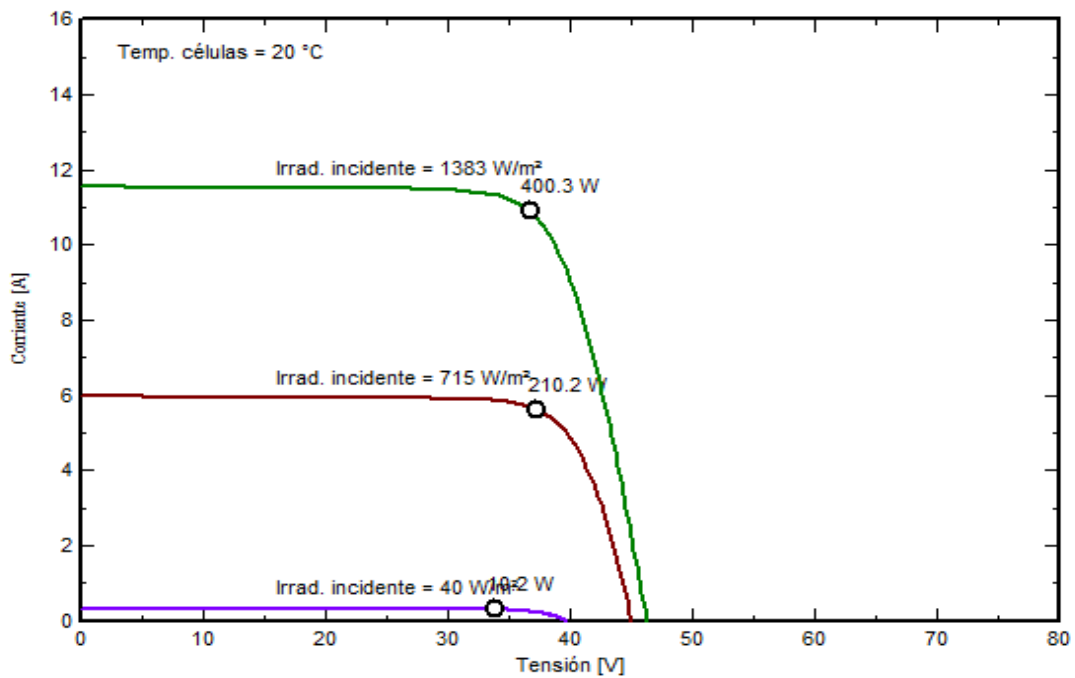


Figura 18. Radiación global CIITT 2020

Fuente: Los Autores

En la figura 18 los valores de irradiación incidente del lugar de estudio, para tener una proyección de la eficiencia de los paneles solares utilizados en base a los datos de irradiación mostrados en las tablas 9,10,11 y 12, podemos observar que la curva de la figura corriente vs tensión nos muestra La potencia pico generada en W Del panel solar, se hace uso de los datos máximos para calcular cuánto CO_2eq se reducirá esto se calcula utilizando la ecuación (2) descrita anteriormente así tenemos que en el mes de Febrero 2019 en el edificio de posgrados con una irradiación máxima de 1383,17 w/m2 se generan con el panel solar 400,3 W reduciendo así un total de 5,0639 kg CO_2eq .

Módulo FV: Generic, Poly 285 Wp 72 cells

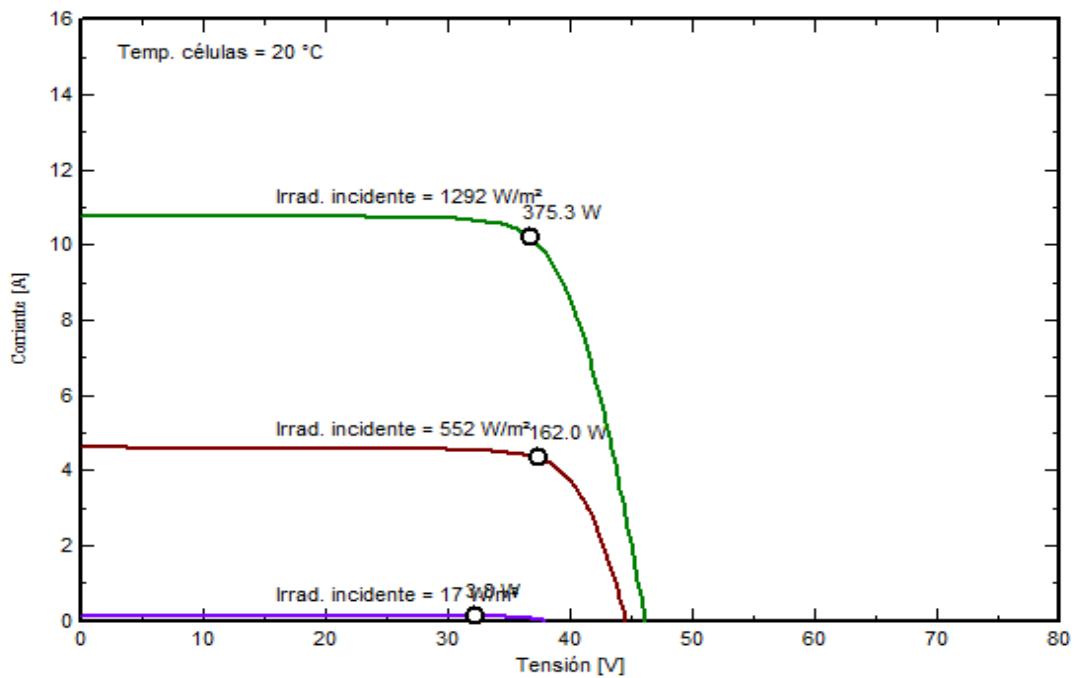


Figura 19. Marzo 2019 Posgrados.

Fuente: Los Autores

En la figura 19 los valores de irradiación incidente del lugar de estudio, para tener una proyección de la eficiencia de los paneles solares utilizados en base a los datos de irradiación mostrados en las tablas 9,10,11 y 12, podemos observar que la curva de la figura corriente vs tensión nos muestra la potencia pico generada en W del panel solar, se hace uso de los datos máximos para calcular cuánto CO_2eq se reducirá esto se calcula utilizando la ecuación (2) descrita anteriormente así tenemos que en el mes de Marzo 2019 en el edificio de posgrados con una irradiación máxima de 1292 w/m² se generan con el panel solar 375,3 W reduciendo así un total de 4,7477 kg CO_2eq .

Módulo FV: Generic, Poly 285 Wp 72 cells

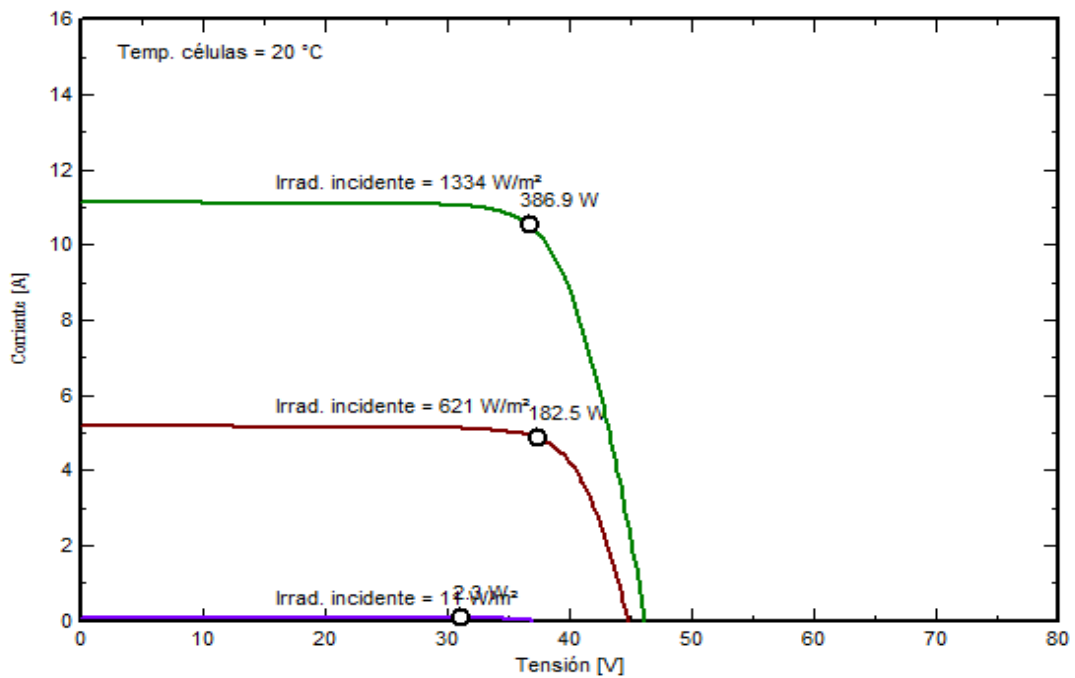


Figura 20. Abril 2019 Posgrados.

Fuente: Los Autores.

En la figura 20 los valores de irradiación incidente del lugar de estudio, para tener una proyección de la eficiencia de los paneles solares utilizados en base a los datos de irradiación mostrados en las tablas 9,10,11 y 12, podemos observar que la curva de la figura corriente vs tensión nos muestra la potencia pico generada en W del panel solar, se hace uso de los datos máximos para calcular cuánto CO_2eq se reducirá esto se calcula utilizando la ecuación (2) descrita anteriormente así tenemos que en el mes de Abril 2019 en el edificio de posgrados con una irradiación máxima de 1334 w/m^2 se generan con el panel solar $386,9 \text{ W}$ reduciendo así un total de $4,8944 \text{ kgCO}_2\text{eq}$.

Módulo FV: Generic, Poly 285 Wp 72 cells

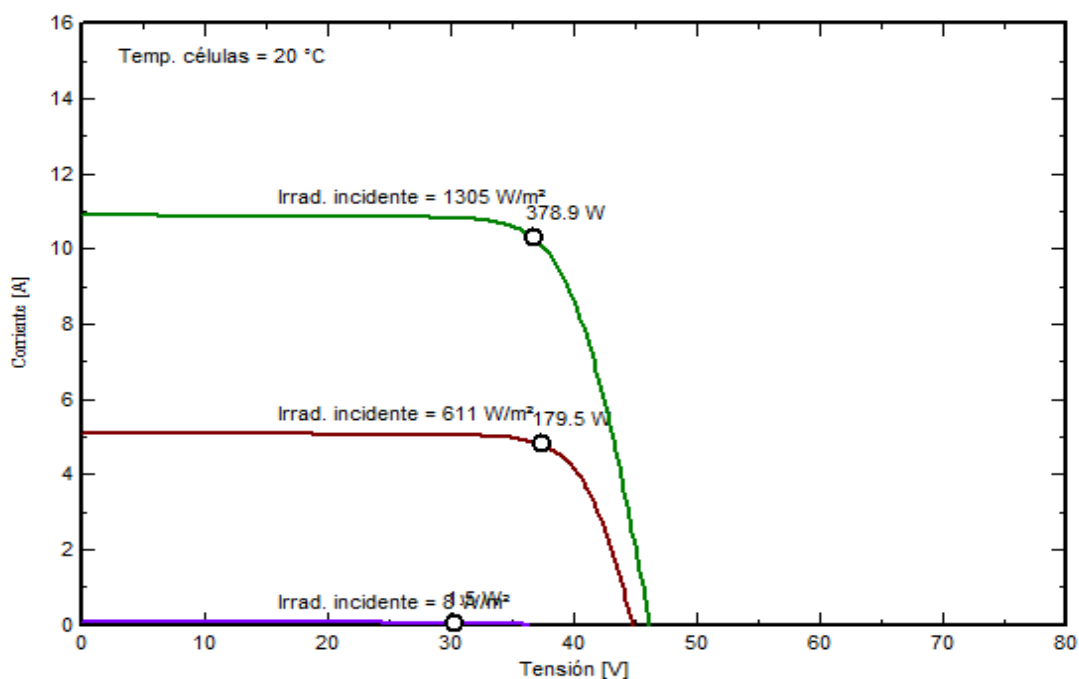


Figura 12. Mayo 2019 Posgrados.

Fuente: Los Autores

En la figura 19 los valores de irradiación incidente del lugar de estudio, para tener una proyección de la eficiencia de los paneles solares utilizados en base a los datos de irradiación mostrados en las tablas 9,10,11 y 12, podemos observar que la curva de la figura corriente vs tensión nos muestra la potencia pico generada en W del panel solar, se hace uso de los datos máximos para calcular cuánto CO_2eq se reducirá esto se calcula utilizando la ecuación (2) descrita anteriormente así tenemos que en el mes de Mayo 2019 en el edificio de posgrados con una irradiación máxima de 1305 w/m2 se generan con el panel solar 378,9 W reduciendo así un total de 4,7932 kg CO_2eq .

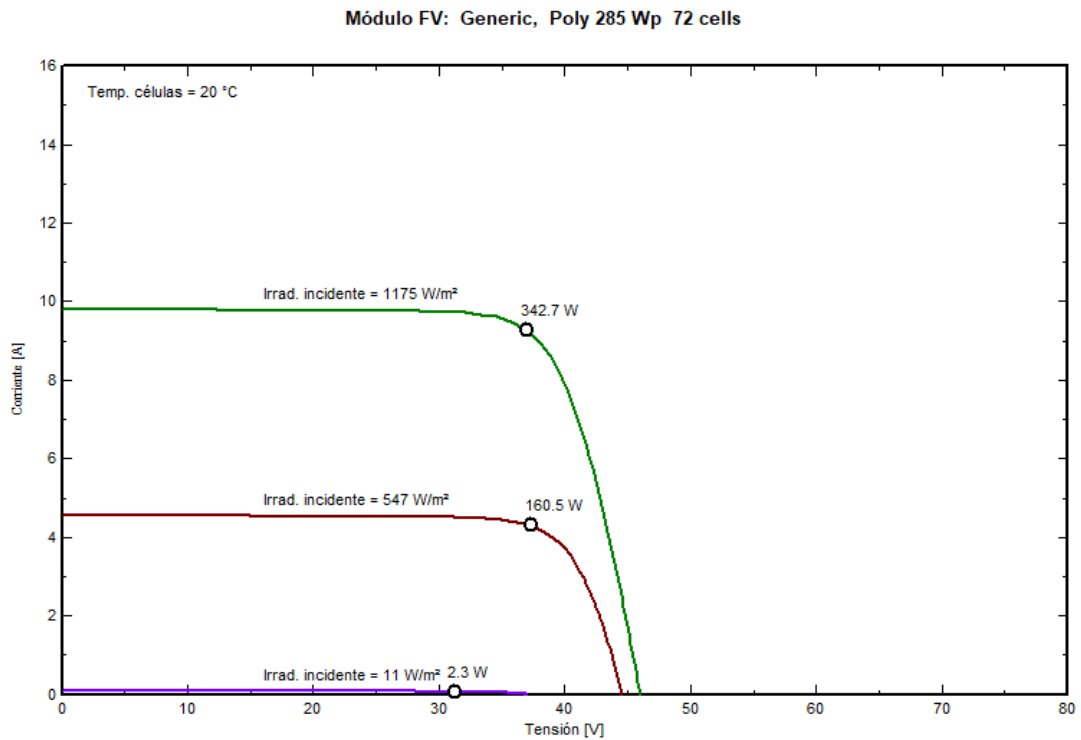


Figura 13. Junio 2019 Posgrados.

Fuente: Los Autores

En la figura 20 los valores de irradiación incidente del lugar de estudio, para tener una proyección de la eficiencia de los paneles solares utilizados en base a los datos de irradiación mostrados en las tablas 9,10,11 y 12, podemos observar que la curva de la figura corriente vs tensión nos muestra la potencia pico generada en W del panel solar, se hace uso de los datos máximos para calcular cuánto CO_2eq se reducirá esto se calcula utilizando la ecuación (2) descrita anteriormente así tenemos que en el mes de Junio 2019 en el edificio de posgrados con una irradiación máxima de 1175 w/m^2 se generan con el panel solar $342,7 \text{ W}$ reduciendo así un total de $4,3353 \text{ kg}CO_2eq$.

Módulo FV: Generic, Poly 285 Wp 72 cells

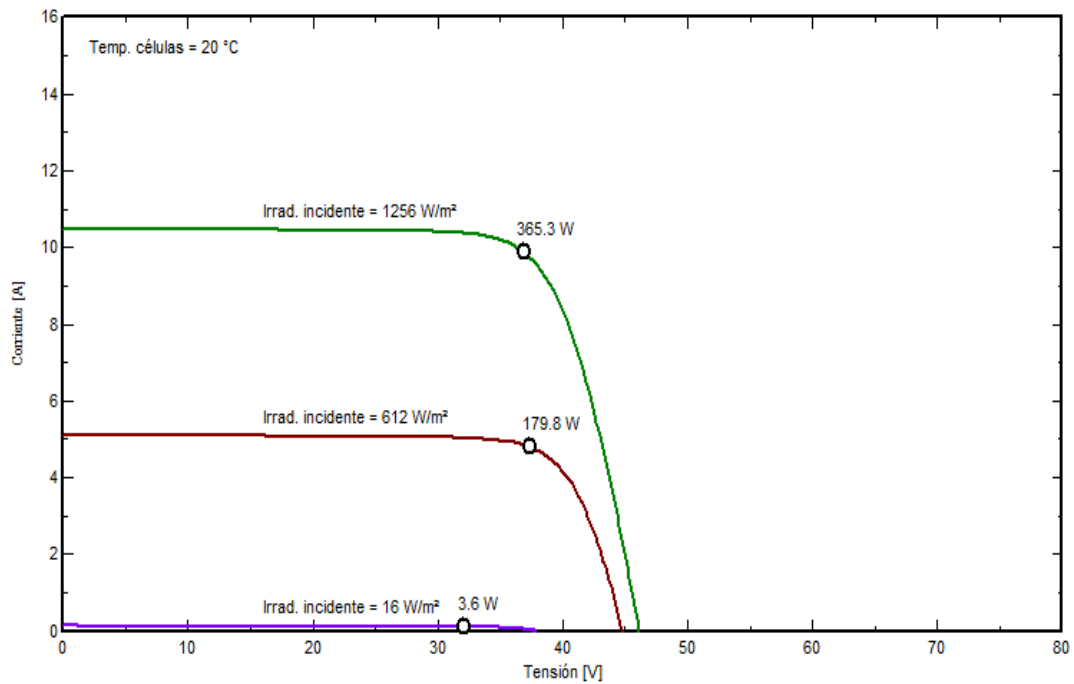


Figura 14. Julio 2019 Posgrados.

Fuente: Los Autores

En la figura 21 los valores de irradiación incidente del lugar de estudio, para tener una proyección de la eficiencia de los paneles solares utilizados en base a los datos de irradiación mostrados en las tablas 9,10,11 y 12, podemos observar que la curva de la figura corriente vs tensión nos muestra la potencia pico generada en W del panel solar, se hace uso de los datos máximos para calcular cuánto CO_2eq se reducirá esto se calcula utilizando la ecuación (2) descrita anteriormente así tenemos que en el mes de Julio 2019 en el edificio de posgrados con una irradiación máxima de $1256 w/m^2$ se generan con el panel solar 365,3 W reduciendo así un total de 4,6212 $kgCO_2eq$.

Módulo FV: Generic, Poly 285 Wp 72 cells

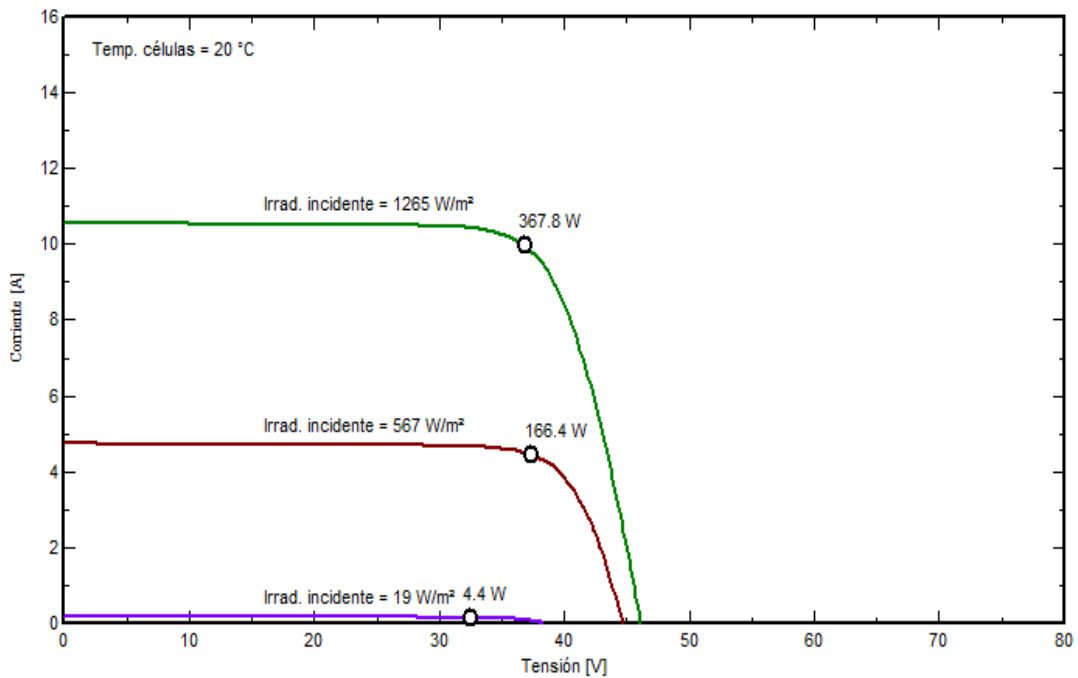


Figura 15. Agosto 2019 Posgrados.

Fuente: Los Autores

En la figura 22 los valores de irradiación incidente del lugar de estudio, para tener una proyección de la eficiencia de los paneles solares utilizados en base a los datos de irradiación mostrados en las tablas 9,10,11 y 12, podemos observar que la curva de la figura corriente vs tensión nos muestra la potencia pico generada en W del panel solar, se hace uso de los datos máximos para calcular cuanto CO_2eq se reducirá esto se calcula utilizando la ecuación (2) descrita anteriormente así tenemos que en el mes de Agosto 2019 en el edificio de posgrados con una irradiación máxima de $1265 w/m^2$ se generan con el panel solar 367,8 W reduciendo así un total de 4,6528 $kgCO_2eq$.

Módulo FV: Generic, Poly 285 Wp 72 cells

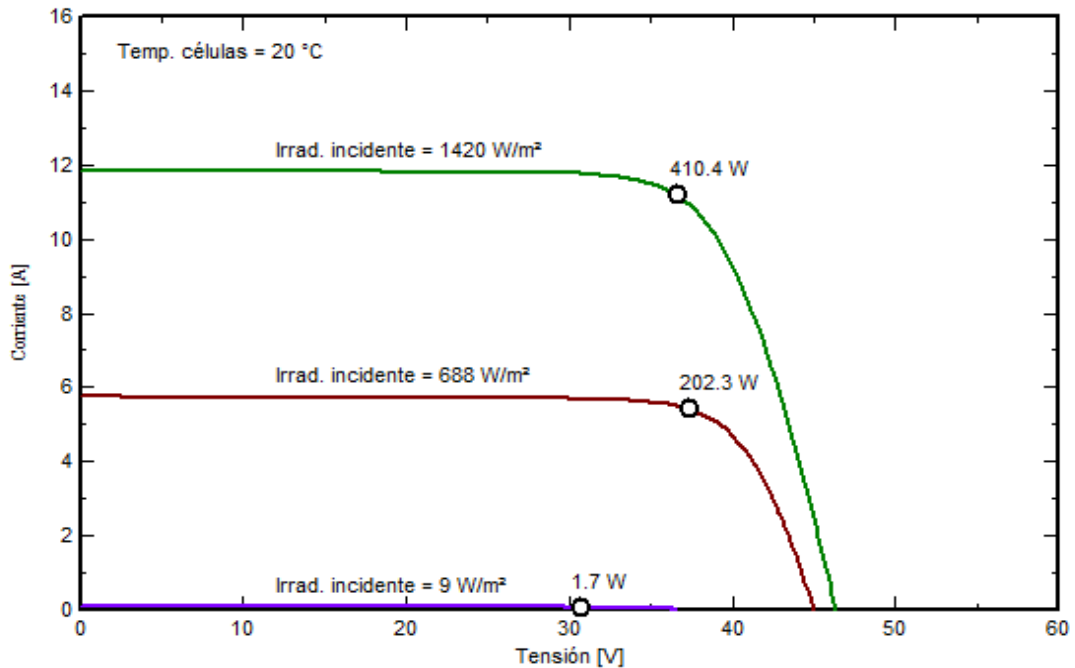


Figura 16. Septiembre 2019 Posgrados.

Fuente: Los Autores

En la figura 23 los valores de irradiación incidente del lugar de estudio, para tener una proyección de la eficiencia de los paneles solares utilizados en base a los datos de irradiación mostrados en las tablas 9,10,11 y 12, podemos observar que la curva de la figura corriente vs tensión nos muestra la potencia pico generada en W del panel solar, se hace uso de los datos máximos para calcular cuanto CO_2eq se reducirá esto se calcula utilizando la ecuación (2) descrita anteriormente así tenemos que en el mes de Septiembre 2019 en el edificio de posgrados con una irradiación máxima de $1420 w/m^2$ se generan con el panel solar $410,4 W$ reduciendo así un total de $5,1917 kgCO_2eq$.

Módulo FV: Generic, Poly 285 Wp 72 cells

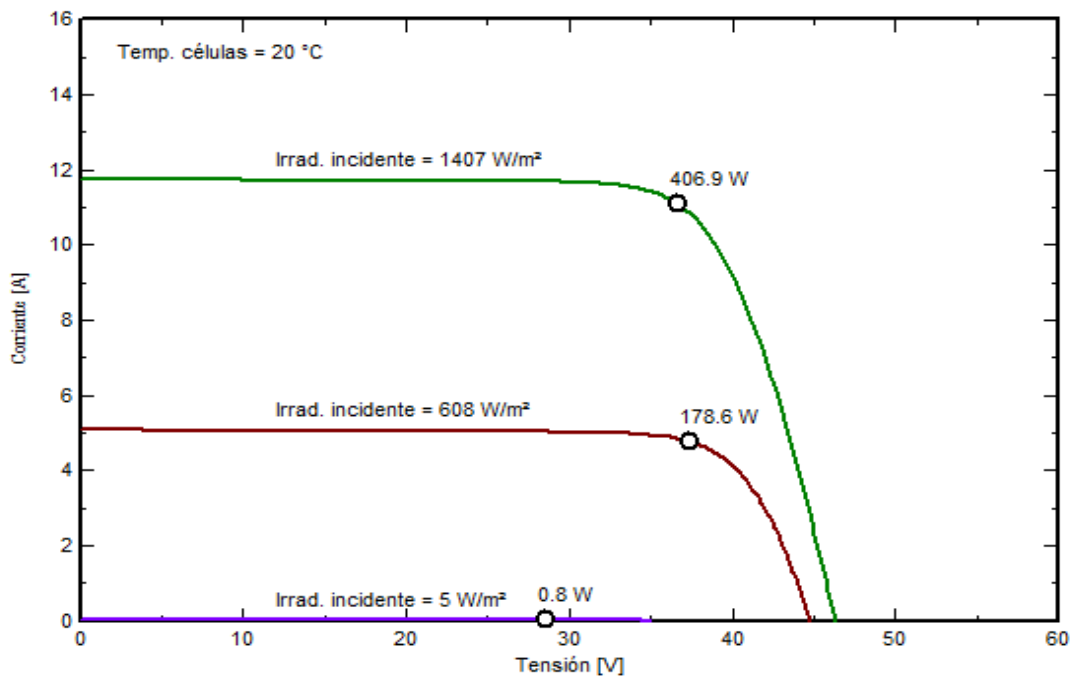


Figura 17. Octubre 2019 Posgrados.

Fuente: Los Autores

En la figura 24 los valores de irradiación incidente del lugar de estudio, para tener una proyección de la eficiencia de los paneles solares utilizados en base a los datos de irradiación mostrados en las tablas 9,10,11 y 12, podemos observar que la curva de la figura corriente vs tensión nos muestra la potencia pico generada en W del panel solar, se hace uso de los datos máximos para calcular cuanto CO_2eq se reducirá esto se calcula utilizando la ecuación (2) descrita anteriormente así tenemos que en el mes de Octubre 2019 en el edificio de posgrados con una irradiación máxima de 1407 w/m2 se generan con el panel solar 406,9 W reduciendo así un total de 5,1474 kg CO_2eq .

Módulo FV: Generic, Poly 285 Wp 72 cells

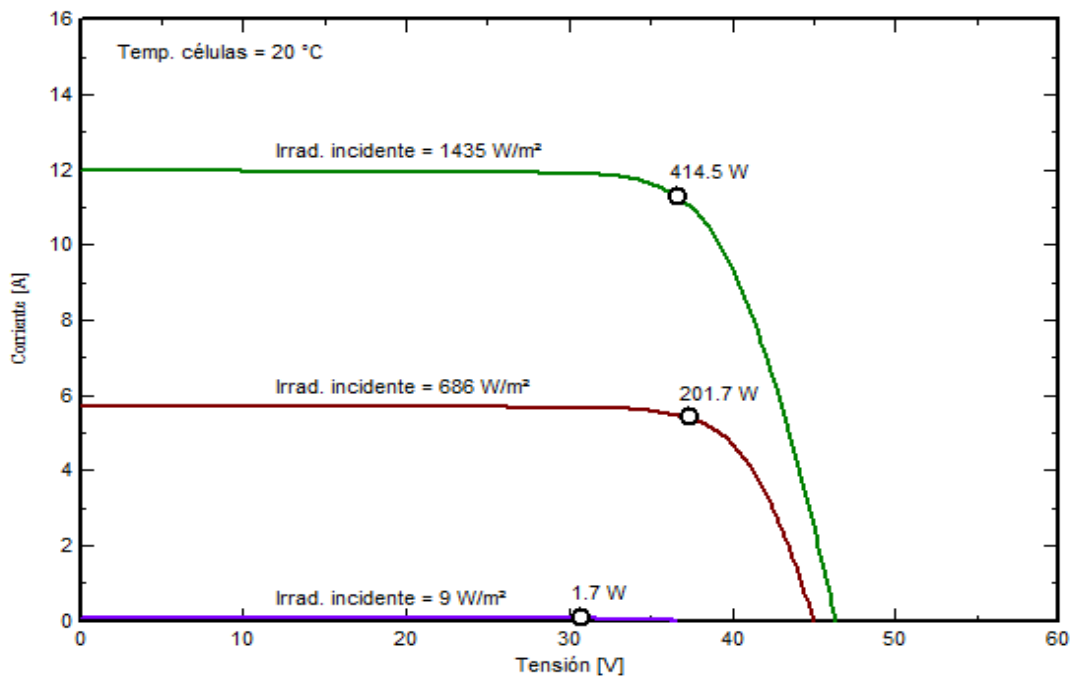


Figura 18. Noviembre 2019 Posgrados.

Fuente: Los Autores

En la figura 25 los valores de irradiación incidente del lugar de estudio, para tener una proyección de la eficiencia de los paneles solares utilizados en base a los datos de irradiación mostrados en las tablas 9,10,11 y 12, podemos observar que la curva de la figura corriente vs tensión nos muestra la potencia pico generada en W del panel solar, se hace uso de los datos máximos para calcular cuanto CO_2eq se reducirá esto se calcula utilizando la ecuación (2) descrita anteriormente así tenemos que en el mes de Noviembre 2019 en el edificio de posgrados con una irradiación máxima de $1435 w/m^2$ se generan con el panel solar 414,5 W reduciendo así un total de 5,2436 $kgCO_2eq$.

Módulo FV: Generic, Poly 285 Wp 72 cells

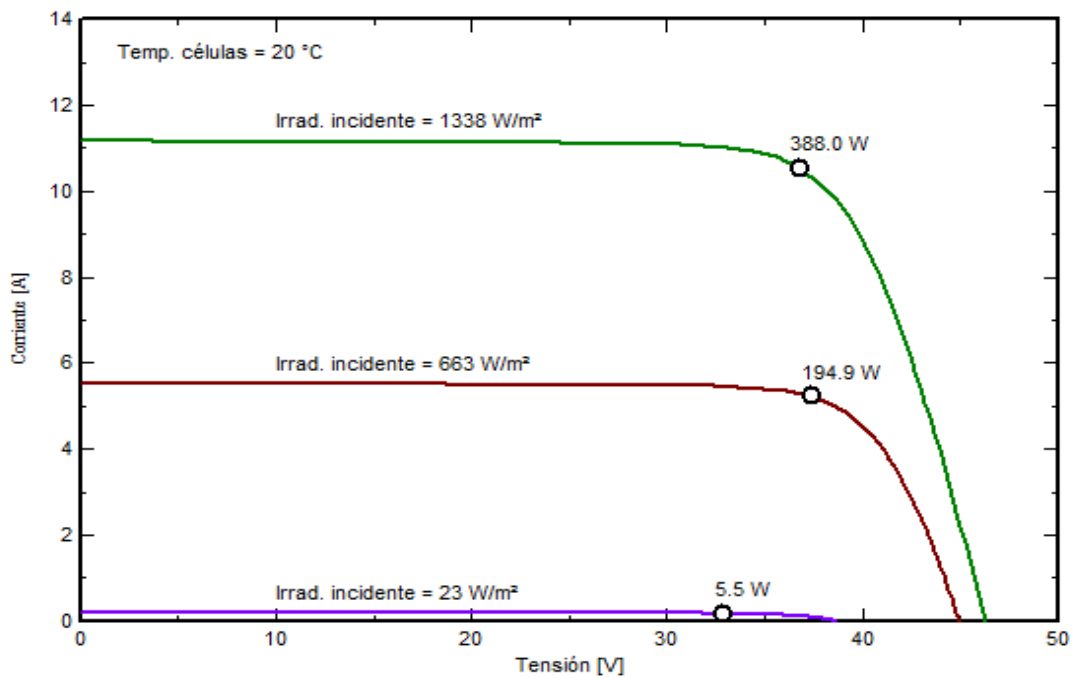


Figura 19. Diciembre 2019 Posgrados.

Fuente: Los Autores

En la figura 26 los valores de irradiación incidente del lugar de estudio, para tener una proyección de la eficiencia de los paneles solares utilizados en base a los datos de irradiación mostrados en las tablas 9,10,11 y 12, podemos observar que la curva de la figura corriente vs tensión nos muestra la potencia pico generada en W del panel solar, se hace uso de los datos máximos para calcular cuanto CO_2eq se reducirá esto se calcula utilizando la ecuación (2) descrita anteriormente así tenemos que en el mes de Diciembre 2019 en el edificio de posgrados con una irradiación máxima de 1338 w/m² se generan con el panel solar 388 W reduciendo así un total de 4,9083 kg CO_2eq .

Anexo 5. Corriente vs Tensión Posgrados 2020

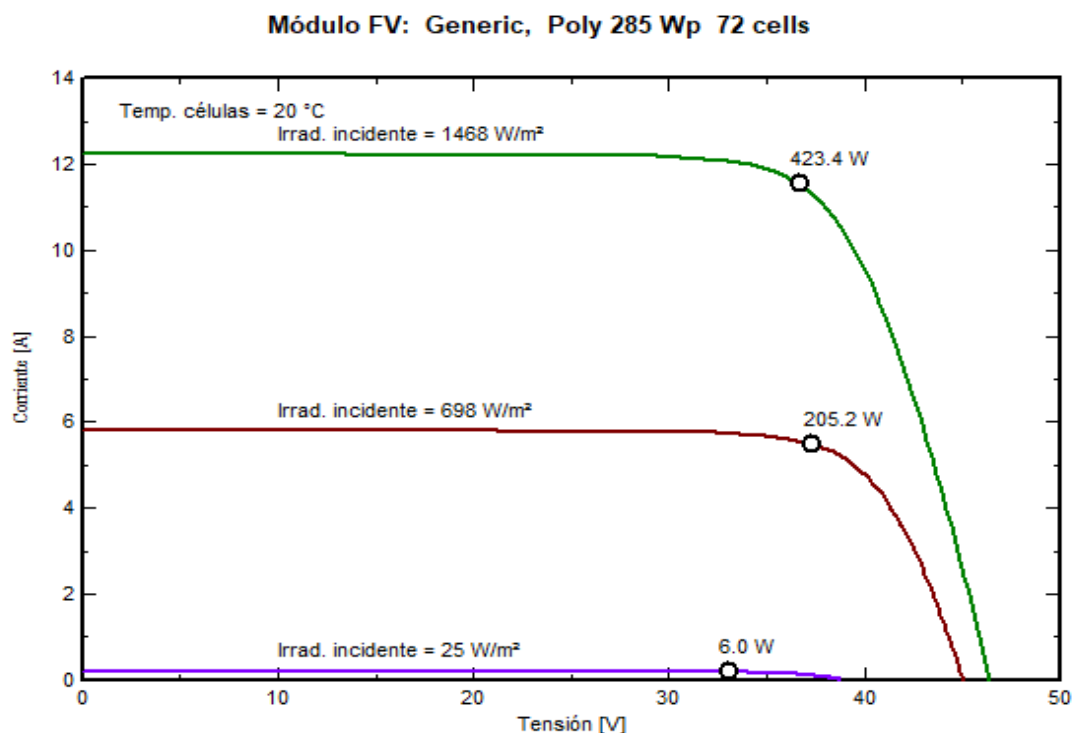


Figura 20. Enero 2020 Posgrados.

Fuente: Los Autores

En la figura 27 los valores de irradiación incidente del lugar de estudio, para tener una proyección de la eficiencia de los paneles solares utilizados en base a los datos de irradiación mostrados en las tablas 9,10,11 y 12, podemos observar que la curva de la figura corriente vs tensión nos muestra la potencia pico generada en W del panel solar, se hace uso de los datos máximos para calcular cuanto CO_2eq se reducirá esto se calcula utilizando la ecuación (2) descrita anteriormente así tenemos que en el mes de Enero 2020 en el edificio de posgrados con una irradiación máxima de $1468 w/m^2$ se generan con el panel solar 423,4 W reduciendo así un total de 5,3562 $kgCO_2eq$.

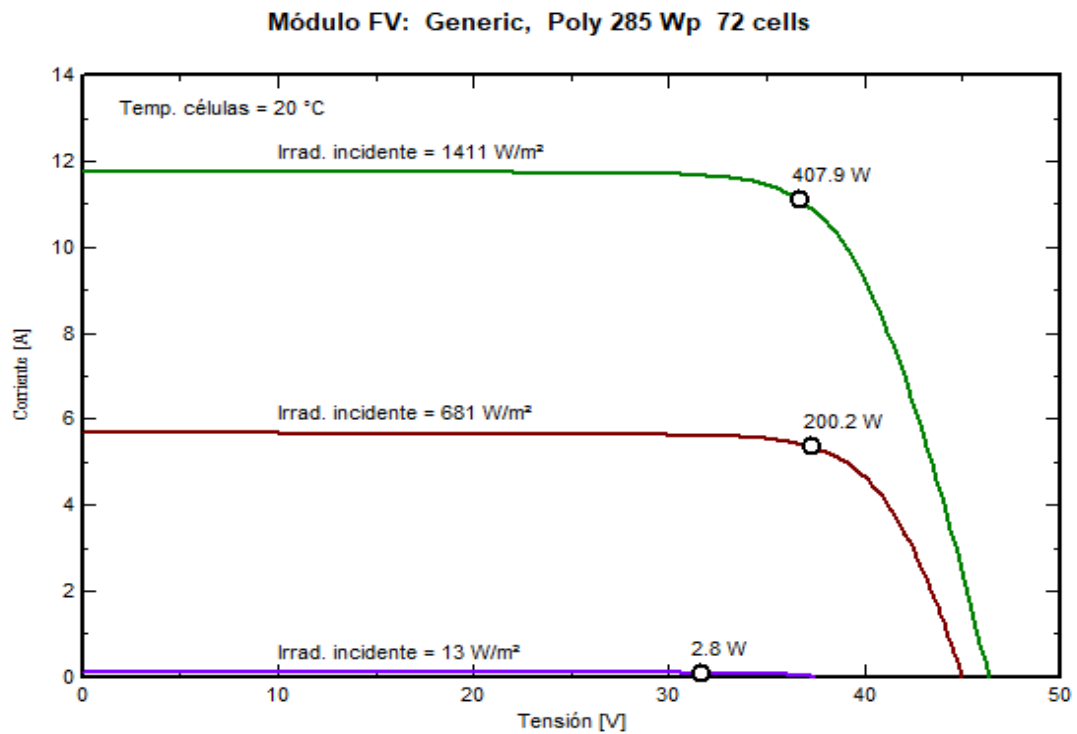


Figura 21. Febrero 2020 Posgrados.

Fuente: Los Autores

En la figura 28 los valores de irradiación incidente del lugar de estudio, para tener una proyección de la eficiencia de los paneles solares utilizados en base a los datos de irradiación mostrados en las tablas 9,10,11 y 12, podemos observar que la curva de la figura corriente vs tensión nos muestra la potencia pico generada en W del panel solar, se hace uso de los datos máximos para calcular cuanto CO_2eq se reducirá esto se calcula utilizando la ecuación (2) descrita anteriormente así tenemos que en el mes de Febrero 2020 en el edificio de posgrados con una irradiación máxima de 1411 w/m2 se generan con el panel solar 407,9 W reduciendo así un total de 5,1601 kg CO_2eq .

Módulo FV: Generic, Poly 285 Wp 72 cells

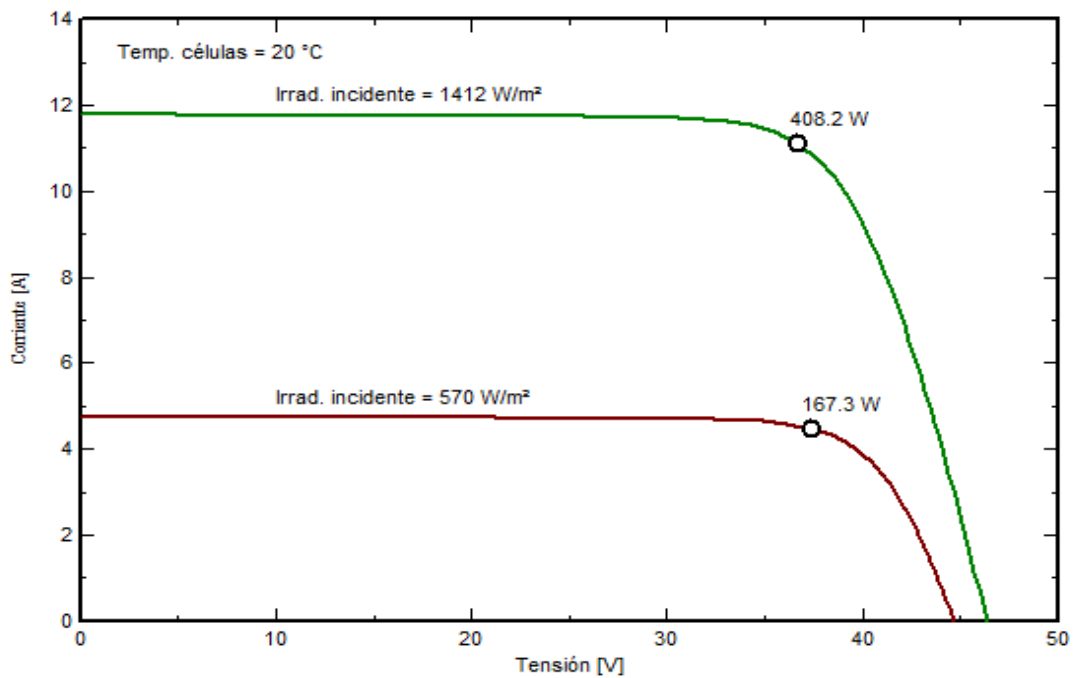


Figura 22. Marzo 2020 Posgrados.

Fuente: Los Autores

En la figura 29 los valores de irradiación incidente del lugar de estudio, para tener una proyección de la eficiencia de los paneles solares utilizados en base a los datos de irradiación mostrados en las tablas 9,10,11 y 12, podemos observar que la curva de la figura corriente vs tensión nos muestra la potencia pico generada en W del panel solar, se hace uso de los datos máximos para calcular cuanto CO_2eq se reducirá esto se calcula utilizando la ecuación (2) descrita anteriormente así tenemos que en el mes de Marzo 2020 en el edificio de posgrados con una irradiación máxima de 1412 w/m2 se generan con el panel solar 408,2 W reduciendo así un total de 5,1639 kg CO_2eq .

Módulo FV: Generic, Poly 285 Wp 72 cells

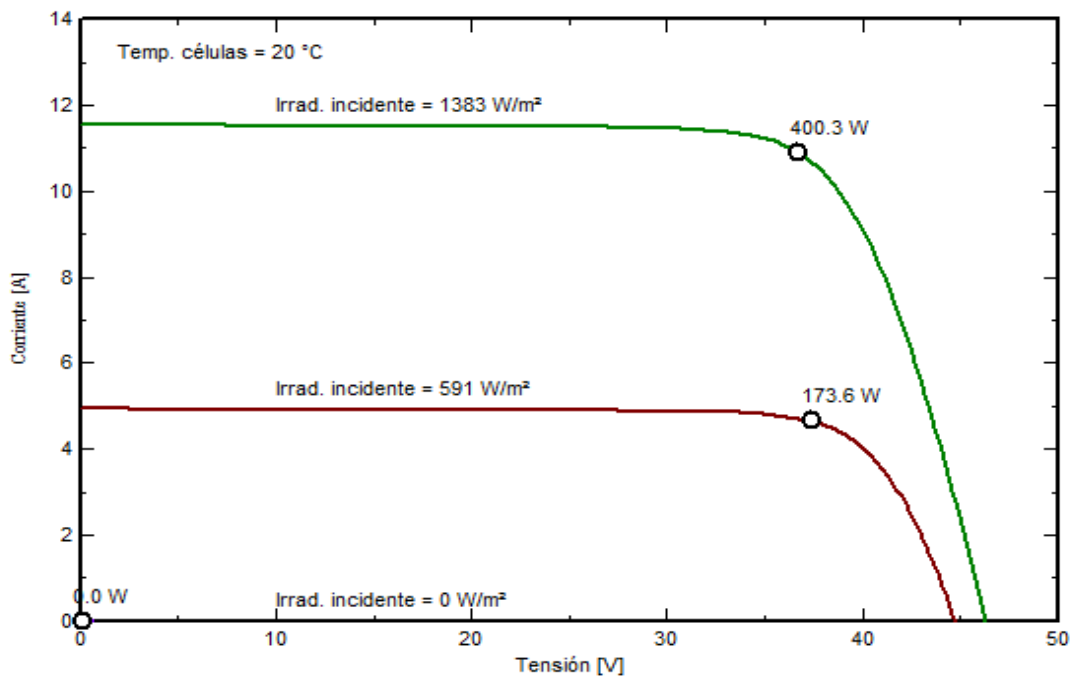


Figura 23. Abril 2020 Posgrados.

Fuente: Los Autores.

En la figura 30 los valores de irradiación incidente del lugar de estudio, para tener una proyección de la eficiencia de los paneles solares utilizados en base a los datos de irradiación mostrados en las tablas 9,10,11 y 12, podemos observar que la curva de la figura corriente vs tensión nos muestra la potencia pico generada en W del panel solar, se hace uso de los datos máximos para calcular cuanto CO_2eq se reducirá esto se calcula utilizando la ecuación (2) descrita anteriormente así tenemos que en el mes de Abril 2020 en el edificio de posgrados con una irradiación máxima de 1383 w/m² se generan con el panel solar 400,3 W reduciendo así un total de 5,0639 kg CO_2eq .

Módulo FV: Generic, Poly 285 Wp 72 cells

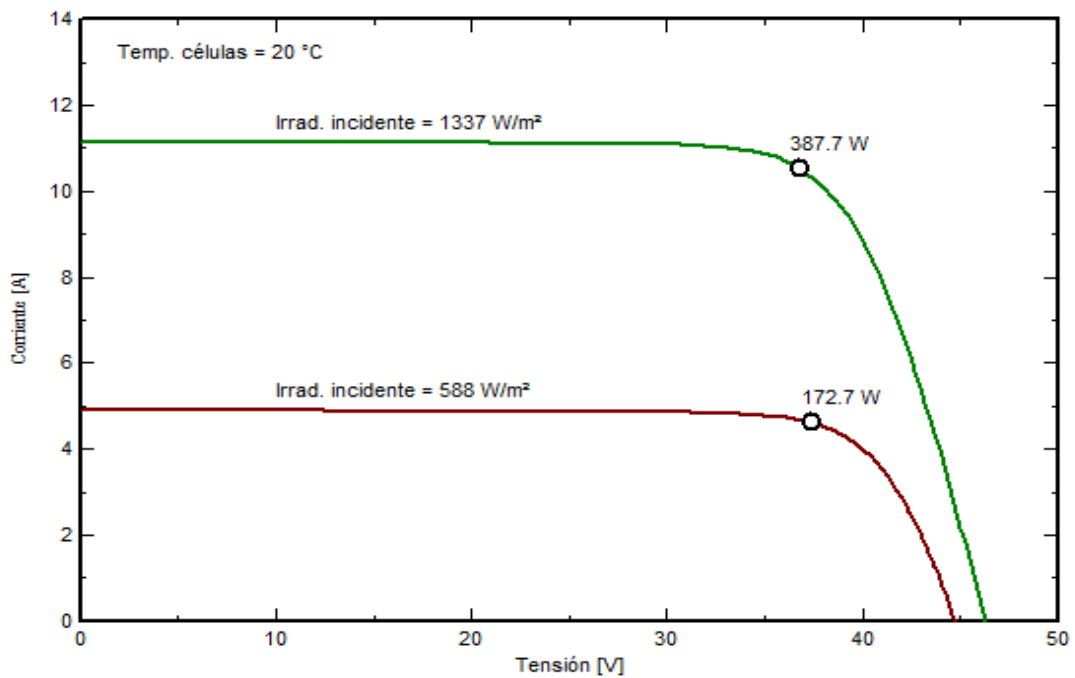


Figura 24. Mayo 2020 Posgrados.

Fuente: Los Autores

En la figura 31 los valores de irradiación incidente del lugar de estudio, para tener una proyección de la eficiencia de los paneles solares utilizados en base a los datos de irradiación mostrados en las tablas 9,10,11 y 12, podemos observar que la curva de la figura corriente vs tensión nos muestra la potencia pico generada en W del panel solar, se hace uso de los datos máximos para calcular cuanto CO_2eq se reducirá esto se calcula utilizando la ecuación (2) descrita anteriormente así tenemos que en el mes de Mayo 2020 en el edificio de posgrados con una irradiación máxima de 1337 w/m2 se generan con el panel solar 387,7 W reduciendo así un total de 6,1696 kg CO_2eq .

Módulo FV: Generic, Poly 285 Wp 72 cells

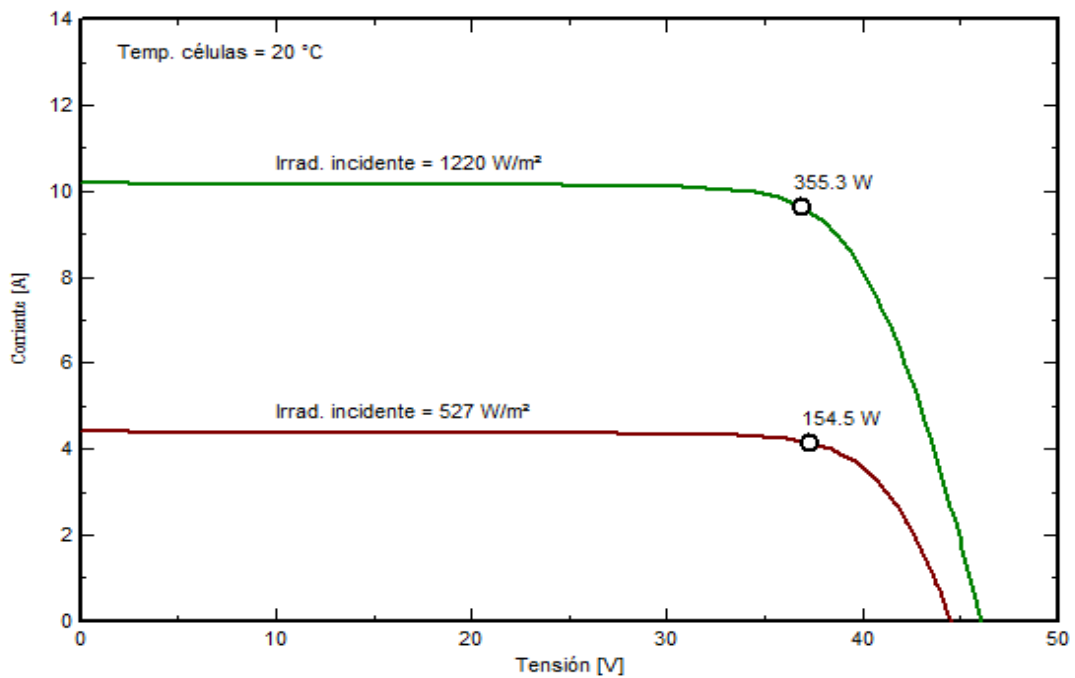


Figura 25. Junio 2020 Posgrados.

Fuente: Los Autores

En la figura 32 los valores de irradiación incidente del lugar de estudio, para tener una proyección de la eficiencia de los paneles solares utilizados en base a los datos de irradiación mostrados en las tablas 9,10,11 y 12, podemos observar que la curva de la figura corriente vs tensión nos muestra la potencia pico generada en W del panel solar, se hace uso de los datos máximos para calcular cuanto CO_2eq se reducirá esto se calcula utilizando la ecuación (2) descrita anteriormente así tenemos que en el mes de Junio 2020 en el edificio de posgrados con una irradiación máxima de 1220 w/m2 se generan con el panel solar 455,3 W reduciendo así un total de 4,4694 kg CO_2eq .

Módulo FV: Generic, Poly 285 Wp 72 cells

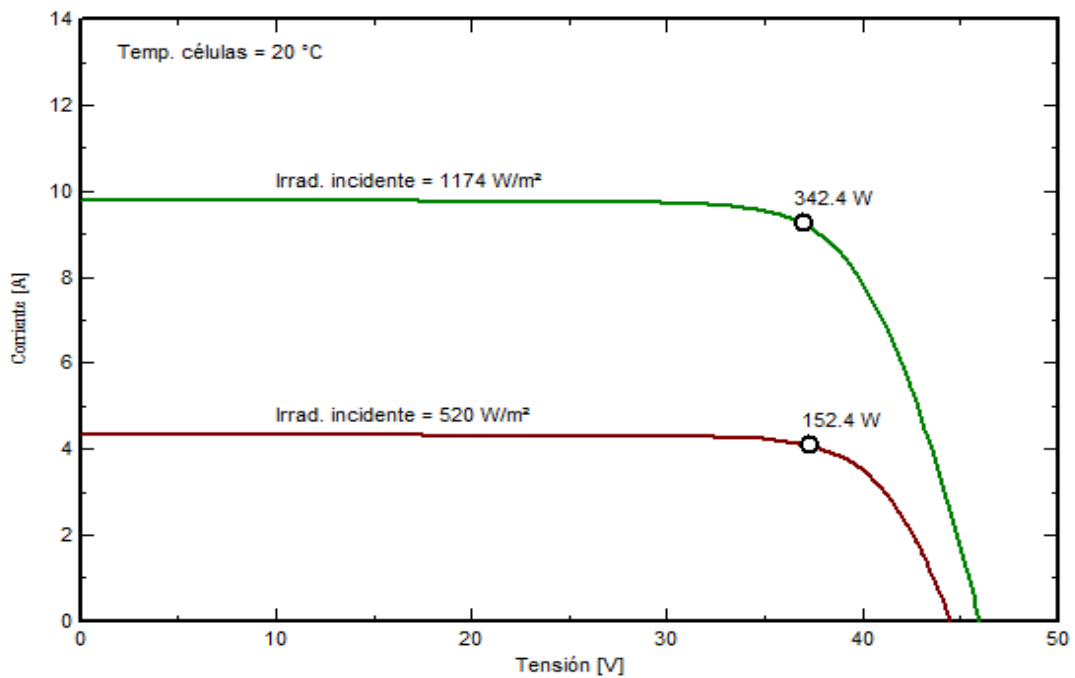


Figura 26. Julio 2020 Posgrados.

Fuente: Los Autores

En la figura 33 los valores de irradiación incidente del lugar de estudio, para tener una proyección de la eficiencia de los paneles solares utilizados en base a los datos de irradiación mostrados en las tablas 9,10,11 y 12, podemos observar que la curva de la figura corriente vs tensión nos muestra la potencia pico generada en W del panel solar, se hace uso de los datos máximos para calcular cuánto CO_2eq se reducirá esto se calcula utilizando la ecuación (2) descrita anteriormente así tenemos que en el mes de Julio 2020 en el edificio de posgrados con una irradiación máxima de 1174 w/m2 se generan con el panel solar 342,4 W reduciendo así un total de 4,3315 kg CO_2eq .

Módulo FV: Generic, Poly 285 Wp 72 cells

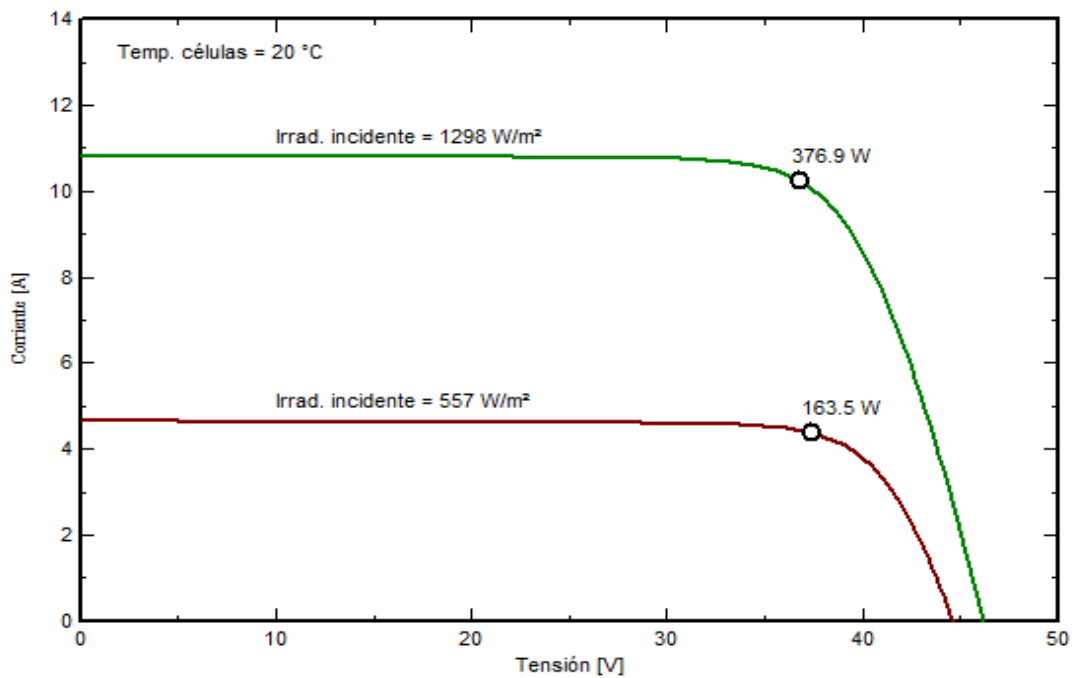


Figura 27. Agosto 2020 Posgrados.

Fuente: Los Autores

En la figura 34 los valores de irradiación incidente del lugar de estudio, para tener una proyección de la eficiencia de los paneles solares utilizados en base a los datos de irradiación mostrados en las tablas 9,10,11 y 12, podemos observar que la curva de la figura corriente vs tensión nos muestra la potencia pico generada en W del panel solar, se hace uso de los datos máximos para calcular cuánto CO_2eq se reducirá esto se calcula utilizando la ecuación (2) descrita anteriormente así tenemos que en el mes de Agosto 2020 en el edificio de posgrados con una irradiación máxima de 1298 w/m2 se generan con el panel solar 376,9 W reduciendo así un total de 4,7679 kg CO_2eq .

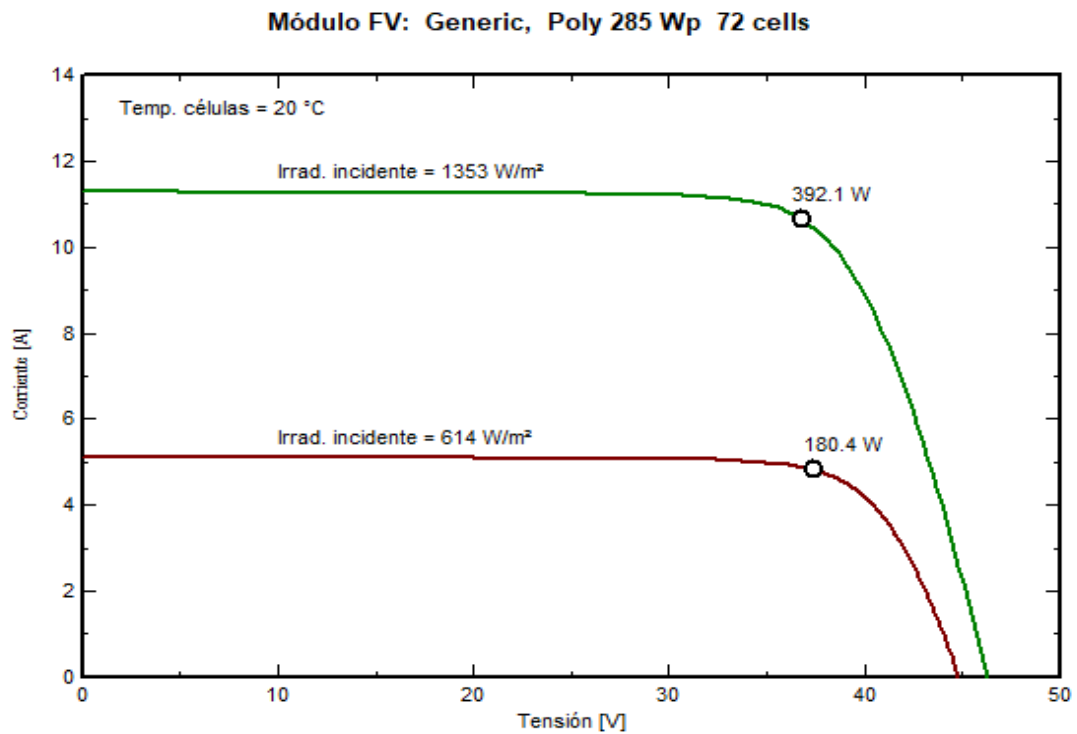


Figura 28. Septiembre 2020 Posgrados.

Fuente: Los Autores

En la figura 35 los valores de irradiación incidente del lugar de estudio, para tener una proyección de la eficiencia de los paneles solares utilizados en base a los datos de irradiación mostrados en las tablas 9,10,11 y 12, podemos observar que la curva de la figura corriente vs tensión nos muestra la potencia pico generada en W del panel solar, se hace uso de los datos máximos para calcular cuánto CO_2eq se reducirá esto se calcula utilizando la ecuación (2) descrita anteriormente así tenemos que en el mes de Septiembre 2020 en el edificio de posgrados con una irradiación máxima de 1353 w/m² se generan con el panel solar 392,1 W reduciendo así un total de 4,9602 kg CO_2eq .

Módulo FV: Generic, Poly 285 Wp 72 cells

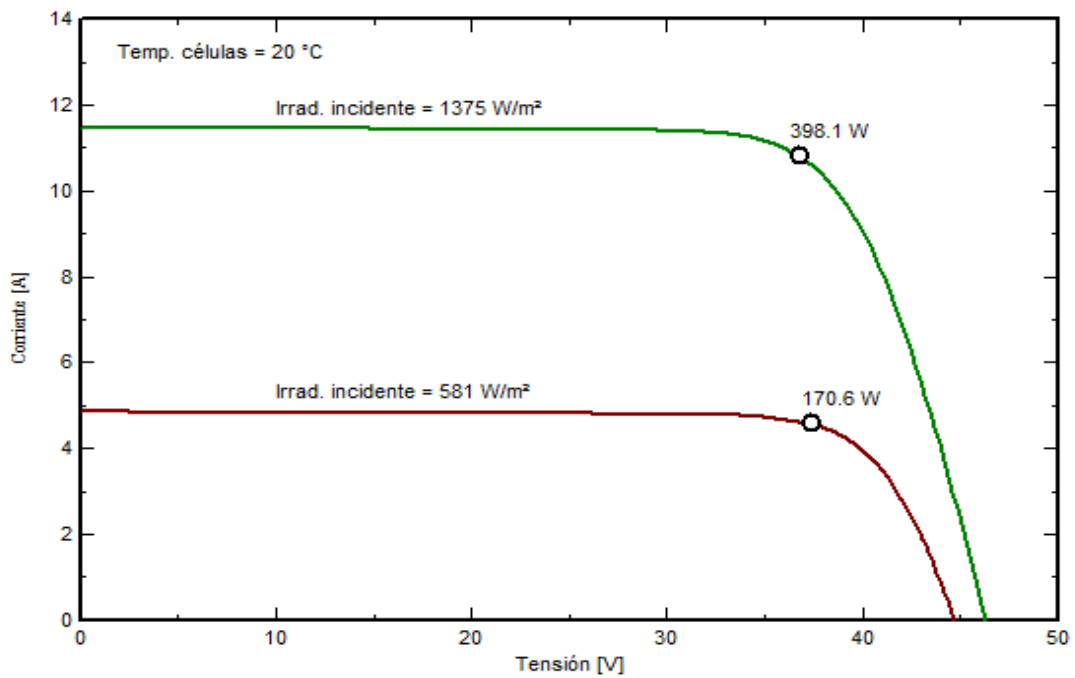


Figura 29. Octubre 2020 Posgrados.

Fuente: Los Autores.

En la figura 36 los valores de irradiación incidente del lugar de estudio, para tener una proyección de la eficiencia de los paneles solares utilizados en base a los datos de irradiación mostrados en las tablas 9,10,11 y 12, podemos observar que la curva de la figura corriente vs tensión nos muestra la potencia pico generada en W del panel solar, se hace uso de los datos máximos para calcular cuanto CO_2eq se reducirá esto se calcula utilizando la ecuación (2) descrita anteriormente así tenemos que en el mes de Octubre 2020 en el edificio de posgrados con una irradiación máxima de 1375 w/m2 se generan con el panel solar 398,1 W reduciendo así un total de 4,9475 kg CO_2eq .

Módulo FV: Generic, Poly 285 Wp 72 cells

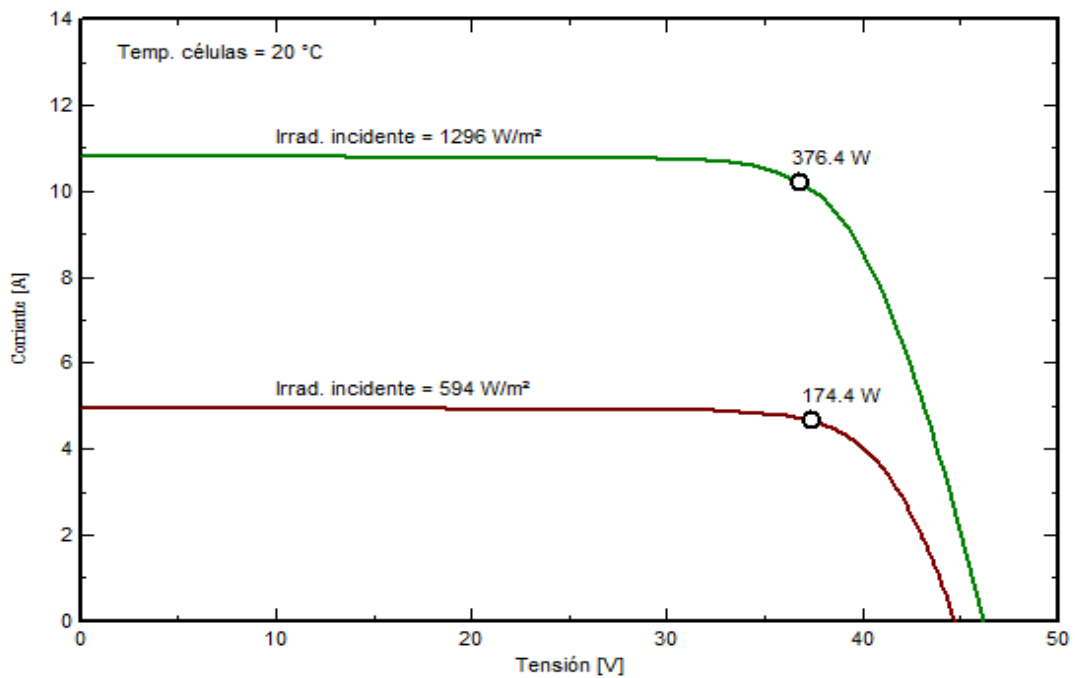


Figura 30. Noviembre 2020 Posgrados.

Fuente: Los Autores

En la figura 37 los valores de irradiación incidente del lugar de estudio, para tener una proyección de la eficiencia de los paneles solares utilizados en base a los datos de irradiación mostrados en las tablas 9,10,11 y 12, podemos observar que la curva de la figura corriente vs tensión nos muestra la potencia pico generada en W del panel solar, se hace uso de los datos máximos para calcular cuanto CO_2eq se reducirá esto se calcula utilizando la ecuación (2) descrita anteriormente así tenemos que en el mes de Noviembre 2020 en el edificio de posgrados con una irradiación máxima de 1296 w/m2 se generan con el panel solar 376,4 W reduciendo así un total de 4,7616 kg CO_2eq .

Anexo 6. Corriente vs Tensión Centro de Investigación Innovación y Transferencia de Tecnología (CIITT) 2019

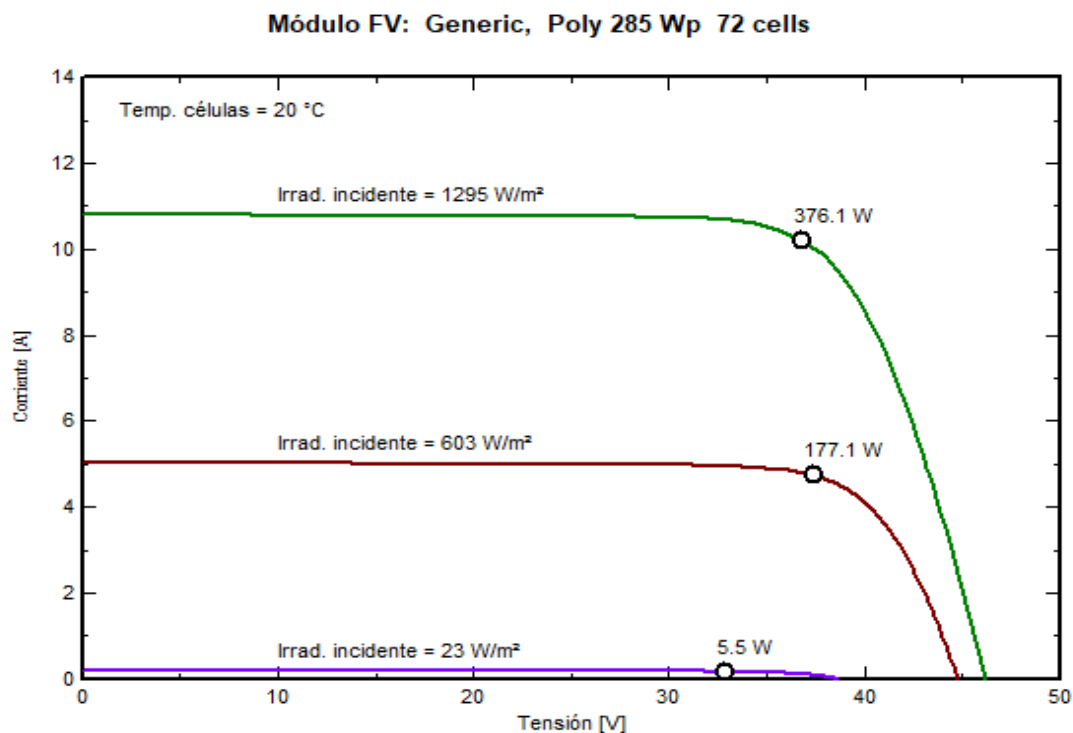


Figura 31. Enero 2019 CIITT.

Fuente: Los Autores

En la figura 38 los valores de irradiación incidente del lugar de estudio, para tener una proyección de la eficiencia de los paneles solares utilizados en base a los datos de irradiación mostrados en las tablas 9,10,11 y 12, podemos observar que la curva de la figura corriente vs tensión nos muestra la potencia pico generada en W del panel solar, se hace uso de los datos máximos para calcular cuanto CO_2eq se reducirá esto se calcula utilizando la ecuación (2) descrita anteriormente así tenemos que en el mes de Enero 2019 en el CIITT con una irradiación máxima de 1295 w/m² se generan con el panel solar 376,1 W reduciendo así un total de 4,7578 kg CO_2eq .

Módulo FV: Generic, Poly 285 Wp 72 cells

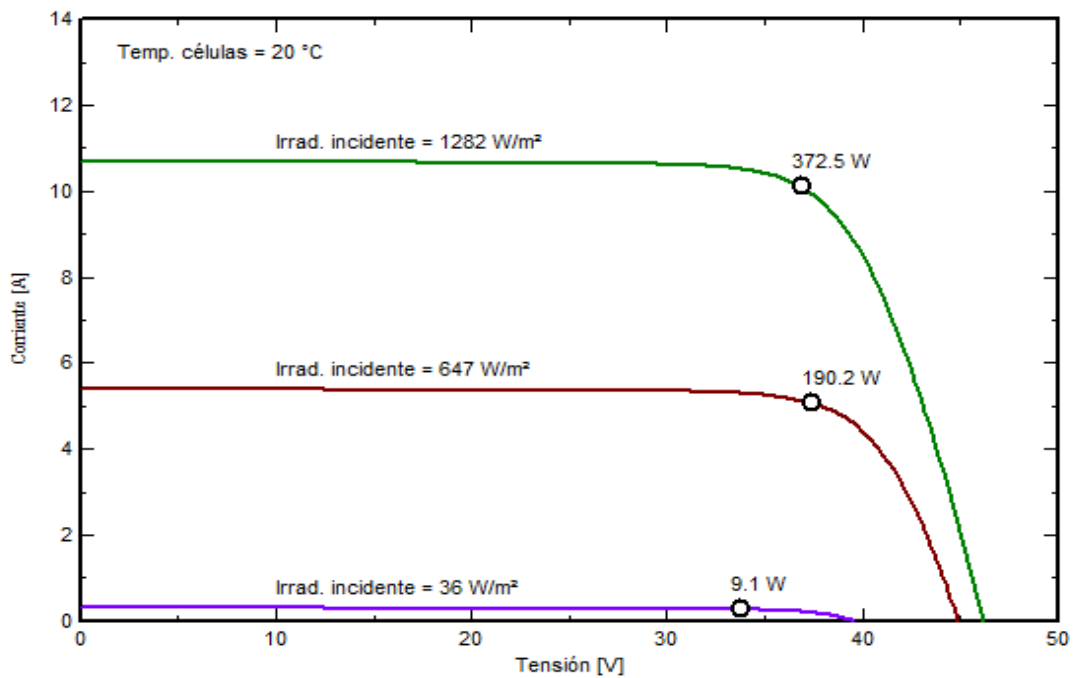


Figura 32. Febrero 2019 CIITT.

Fuente: Los Autores

En la figura 39 los valores de irradiación incidente del lugar de estudio, para tener una proyección de la eficiencia de los paneles solares utilizados en base a los datos de irradiación mostrados en las tablas 9,10,11 y 12, podemos observar que la curva de la figura corriente vs tensión nos muestra la potencia pico generada en W del panel solar, se hace uso de los datos máximos para calcular cuanto CO_2eq se reducirá esto se calcula utilizando la ecuación (2) descrita anteriormente así tenemos que en el mes de Febrero 2019 en el CIITT con una irradiación máxima de 1282 w/m2 se generan con el panel solar 372,5 W reduciendo así un total de 4,7122 kg CO_2eq .

Módulo FV: Generic, Poly 285 Wp 72 cells

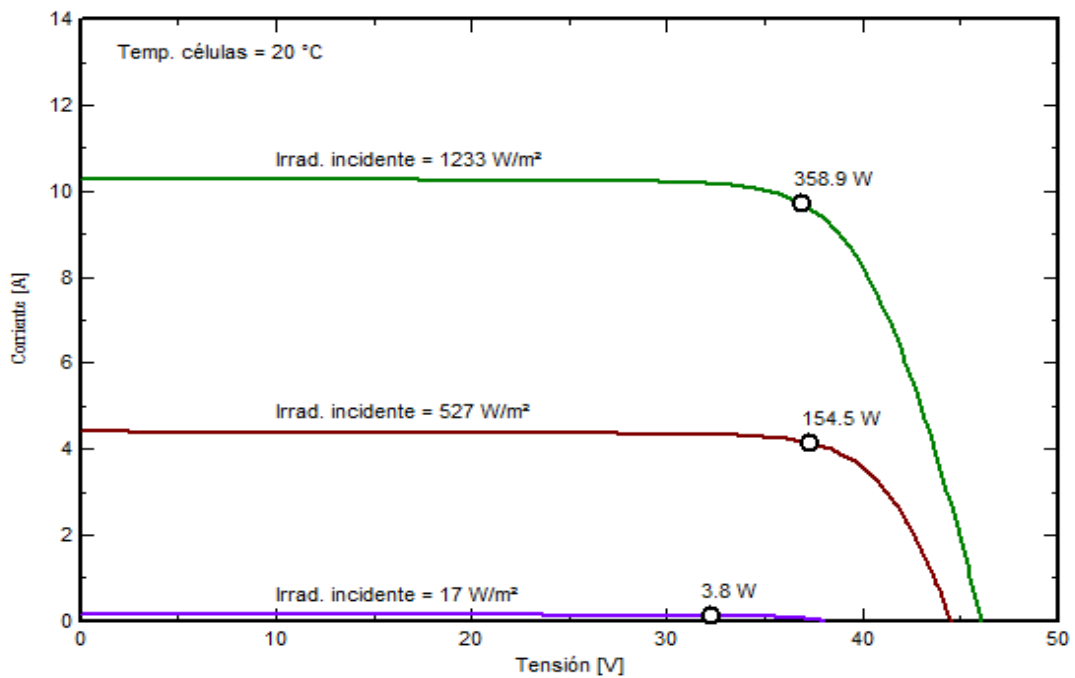


Figura 33. Marzo 2019 CIITT.

Fuente: Los Autores

En la figura 40 los valores de irradiación incidente del lugar de estudio, para tener una proyección de la eficiencia de los paneles solares utilizados en base a los datos de irradiación mostrados en las tablas 9,10,11 y 12, podemos observar que la curva de la figura corriente vs tensión nos muestra la potencia pico generada en W del panel solar, se hace uso de los datos máximos para calcular cuánto CO_2eq se reducirá esto se calcula utilizando la ecuación (2) descrita anteriormente así tenemos que en el mes de Marzo 2019 en el CIITT con una irradiación máxima de 1233 w/m2 se generan con el panel solar 358,9 W reduciendo así un total de 4,5402 kg CO_2eq .

Módulo FV: Generic, Poly 285 Wp 72 cells

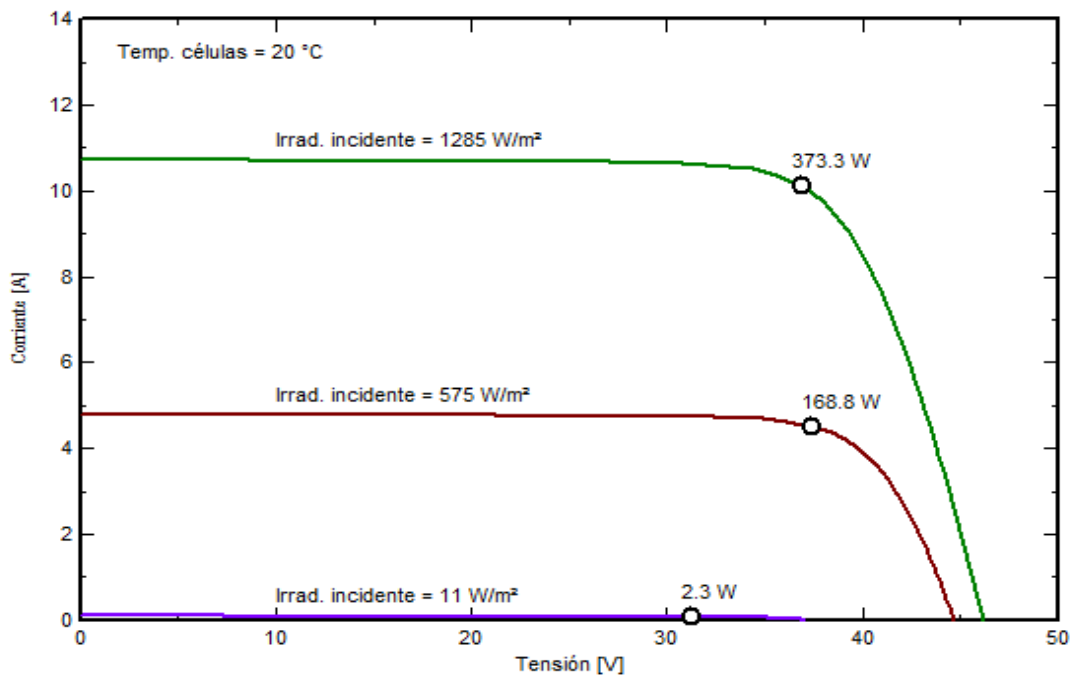


Figura 34. Abril 2019 CIITT.

Fuente: Los Autores

En la figura 41 los valores de irradiación incidente del lugar de estudio, para tener una proyección de la eficiencia de los paneles solares utilizados en base a los datos de irradiación mostrados en las tablas 9,10,11 y 12, podemos observar que la curva de la figura corriente vs tensión nos muestra la potencia pico generada en W del panel solar, se hace uso de los datos máximos para calcular cuánto CO_2eq se reducirá esto se calcula utilizando la ecuación (2) descrita anteriormente así tenemos que en el mes de Abril 2019 en el CIITT con una irradiación máxima de 1285 w/m2 se generan con el panel solar 373,3 W reduciendo así un total de 4,7224 kg CO_2eq .

Módulo FV: Generic, Poly 285 Wp 72 cells

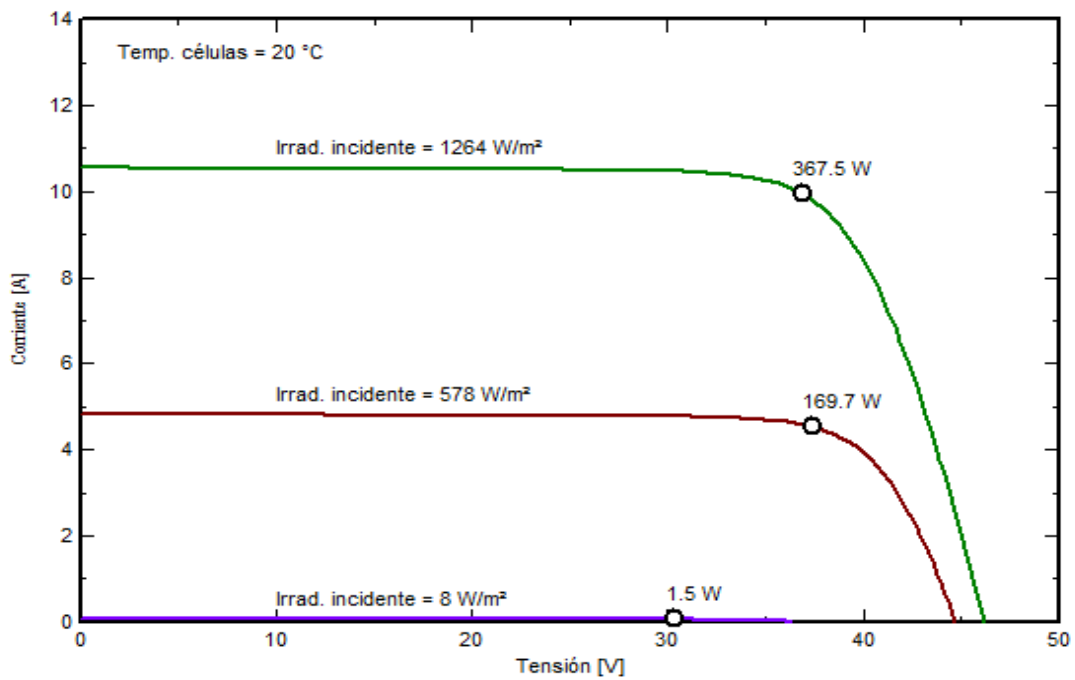


Figura 35. Mayo 2019 CIITT.

Fuente: Los Autores

En la figura 42 los valores de irradiación incidente del lugar de estudio, para tener una proyección de la eficiencia de los paneles solares utilizados en base a los datos de irradiación mostrados en las tablas 9,10,11 y 12, podemos observar que la curva de la figura corriente vs tensión nos muestra la potencia pico generada en W del panel solar, se hace uso de los datos máximos para calcular cuánto CO_2eq se reducirá esto se calcula utilizando la ecuación (2) descrita anteriormente así tenemos que en el mes de Mayo 2019 en el CIITT con una irradiación máxima de $1264 w/m^2$ se generan con el panel solar 367,5 W reduciendo así un total de $4,6490 kgCO_2eq$.

Módulo FV: Generic, Poly 285 Wp 72 cells

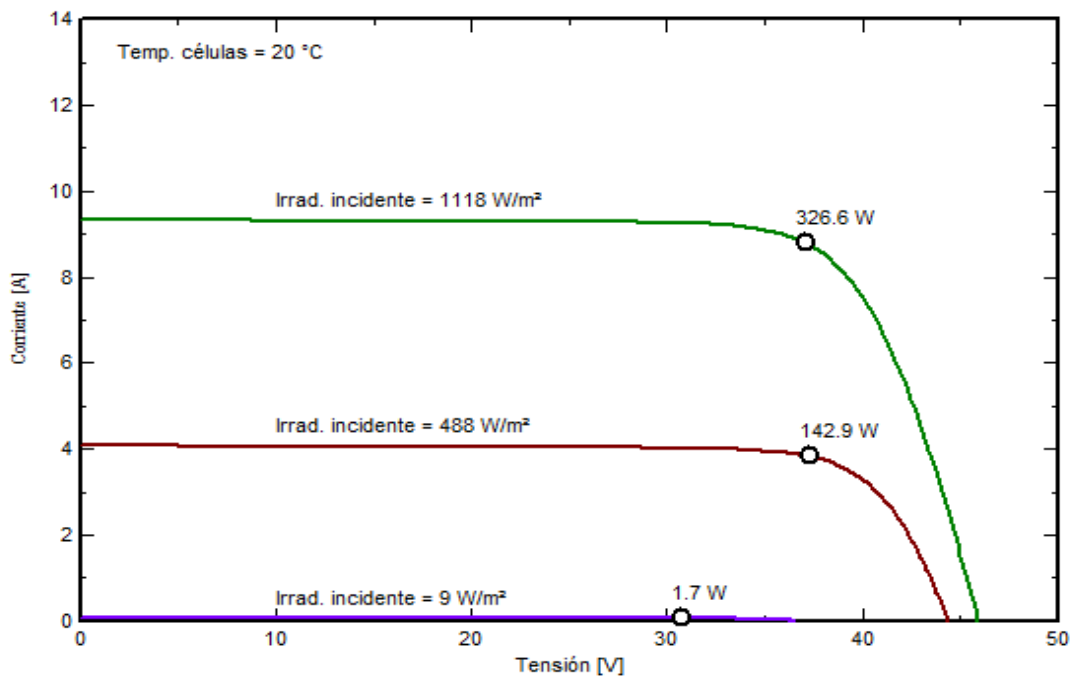


Figura 36. Junio 2019 CIITT.

Fuente: Los Autores

En la figura 43 los valores de irradiación incidente del lugar de estudio, para tener una proyección de la eficiencia de los paneles solares utilizados en base a los datos de irradiación mostrados en las tablas 9,10,11 y 12, podemos observar que la curva de la figura corriente vs tensión nos muestra la potencia pico generada en W del panel solar, se hace uso de los datos máximos para calcular cuánto CO_2eq se reducirá esto se calcula utilizando la ecuación (2) descrita anteriormente así tenemos que en el mes de Junio 2019 en el CIITT con una irradiación máxima de 1118 w/m^2 se generan con el panel solar $326,6 \text{ W}$ reduciendo así un total de $4,1316 \text{ kgCO}_2eq$.

Módulo FV: Generic, Poly 285 Wp 72 cells

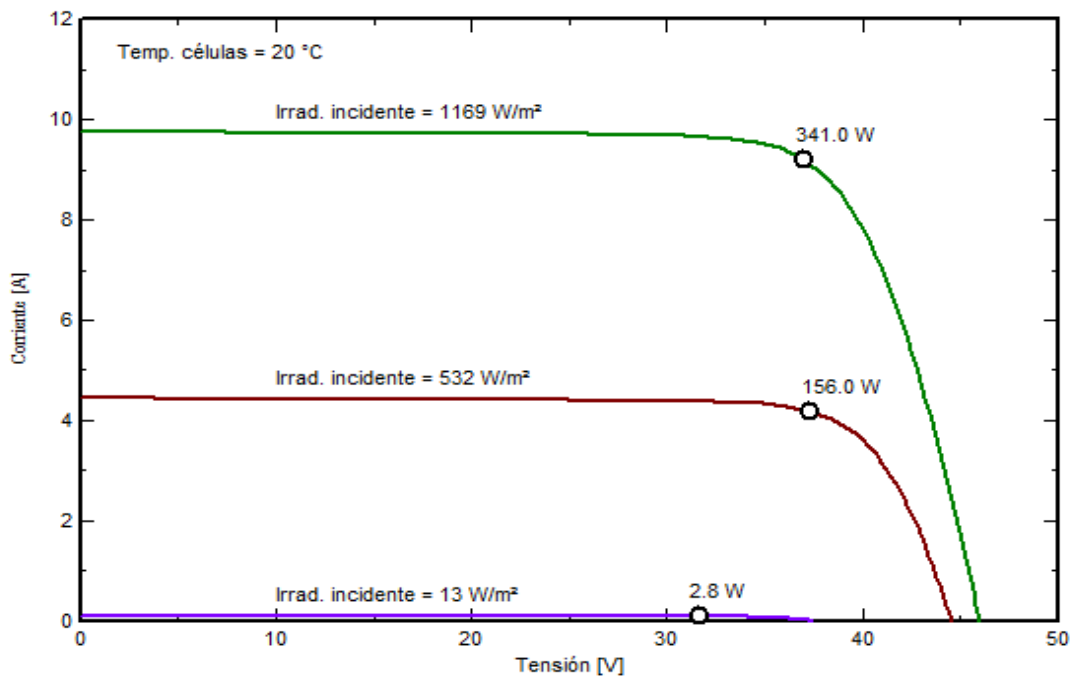


Figura 37. Julio 2019 CIITT.

Fuente: Los Autores

En la figura 44 los valores de irradiación incidente del lugar de estudio, para tener una proyección de la eficiencia de los paneles solares utilizados en base a los datos de irradiación mostrados en las tablas 9,10,11 y 12, podemos observar que la curva de la figura corriente vs tensión nos muestra la potencia pico generada en W del panel solar, se hace uso de los datos máximos para calcular cuánto CO_2eq se reducirá esto se calcula utilizando la ecuación (2) descrita anteriormente así tenemos que en el mes de Julio 2019 en el CIITT con una irradiación máxima de 1169 w/m2 se generan con el panel solar 341 W reduciendo así un total de 4,3138 kg CO_2eq .

Módulo FV: Generic, Poly 285 Wp 72 cells

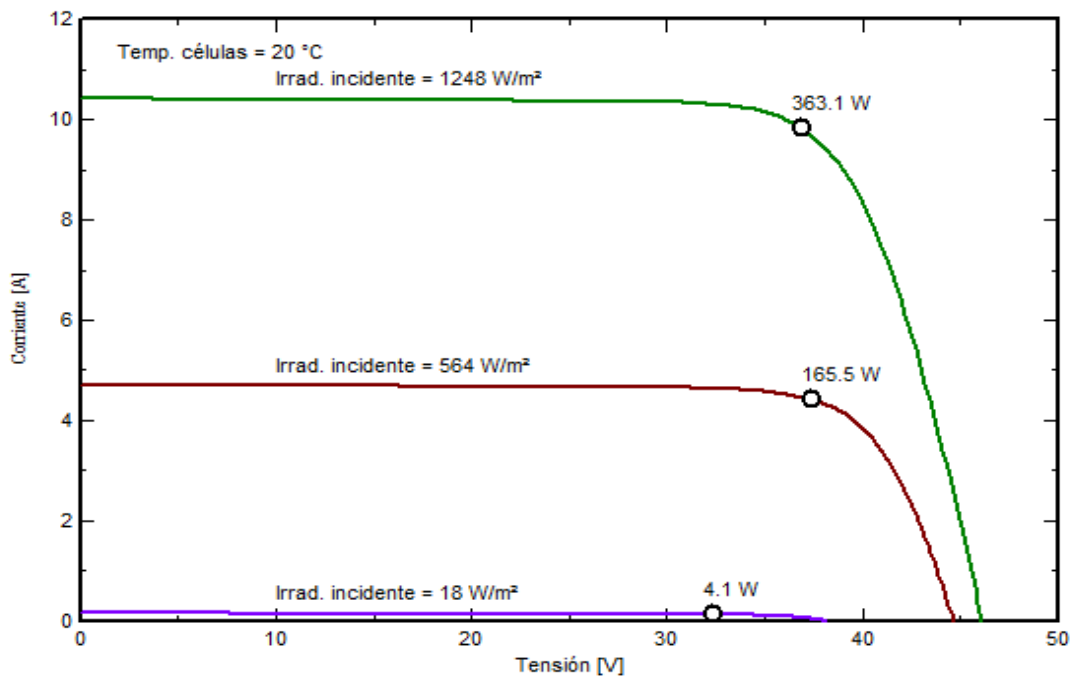


Figura 38. Agosto 2019 CIITT.

Fuente: Los Autores

En la figura 45 los valores de irradiación incidente del lugar de estudio, para tener una proyección de la eficiencia de los paneles solares utilizados en base a los datos de irradiación mostrados en las tablas 9,10,11 y 12, podemos observar que la curva de la figura corriente vs tensión nos muestra la potencia pico generada en W del panel solar, se hace uso de los datos máximos para calcular cuánto CO_2eq se reducirá esto se calcula utilizando la ecuación (2) descrita anteriormente así tenemos que en el mes de Agosto 2019 en el CIITT con una irradiación máxima de 1248 w/m2 se generan con el panel solar 363,1 W reduciendo así un total de 4,5933 kg CO_2eq .

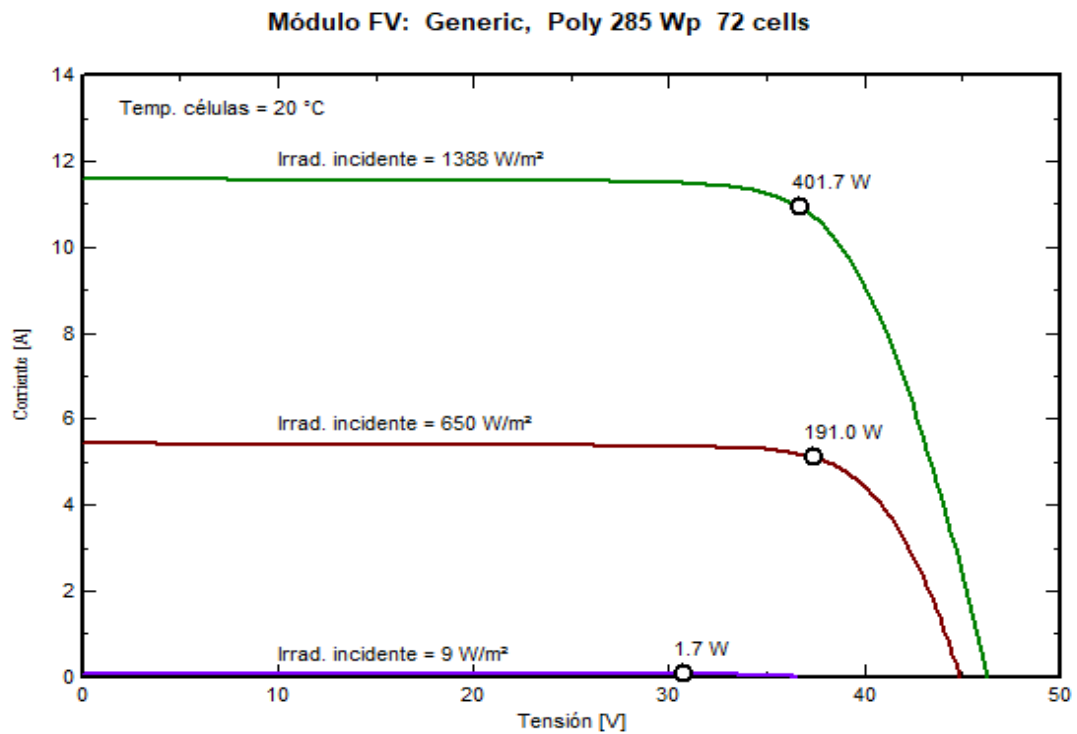


Figura 39. Septiembre 2019 CIITT.

Fuente: Los Autores

En la figura 46 los valores de irradiación incidente del lugar de estudio, para tener una proyección de la eficiencia de los paneles solares utilizados en base a los datos de irradiación mostrados en las tablas 9,10,11 y 12, podemos observar que la curva de la figura corriente vs tensión nos muestra la potencia pico generada en W del panel solar, se hace uso de los datos máximos para calcular cuánto CO_2eq se reducirá esto se calcula utilizando la ecuación (2) descrita anteriormente así tenemos que en el mes de Septiembre 2019 en el CIITT con una irradiación máxima de 1388 w/m2 se generan con el panel solar 401,7 W reduciendo así un total de 5,0816 kg CO_2eq .

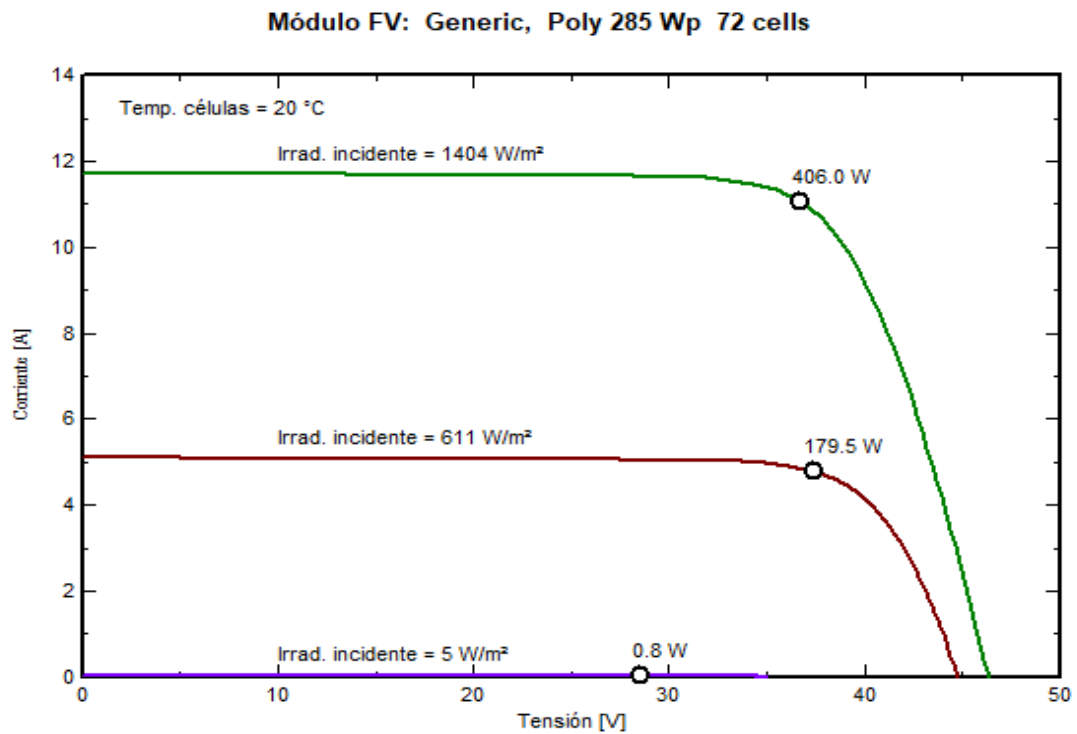


Figura 40. Octubre 2019 CIITT.

Fuente: Los Autores

En la figura 47 los valores de irradiación incidente del lugar de estudio, para tener una proyección de la eficiencia de los paneles solares utilizados en base a los datos de irradiación mostrados en las tablas 9,10,11 y 12, podemos observar que la curva de la figura corriente vs tensión nos la potencia pico generada en W del panel solar, se hace uso de los datos máximos para calcular cuánto CO_2eq se reducirá esto se calcula utilizando la ecuación (2) descrita anteriormente así tenemos que en el mes de Octubre 2019 en el CIITT con una irradiación máxima de 1404 w/m² se generan con el panel solar 406 W reduciendo así un total de 5,1360 kg CO_2eq .

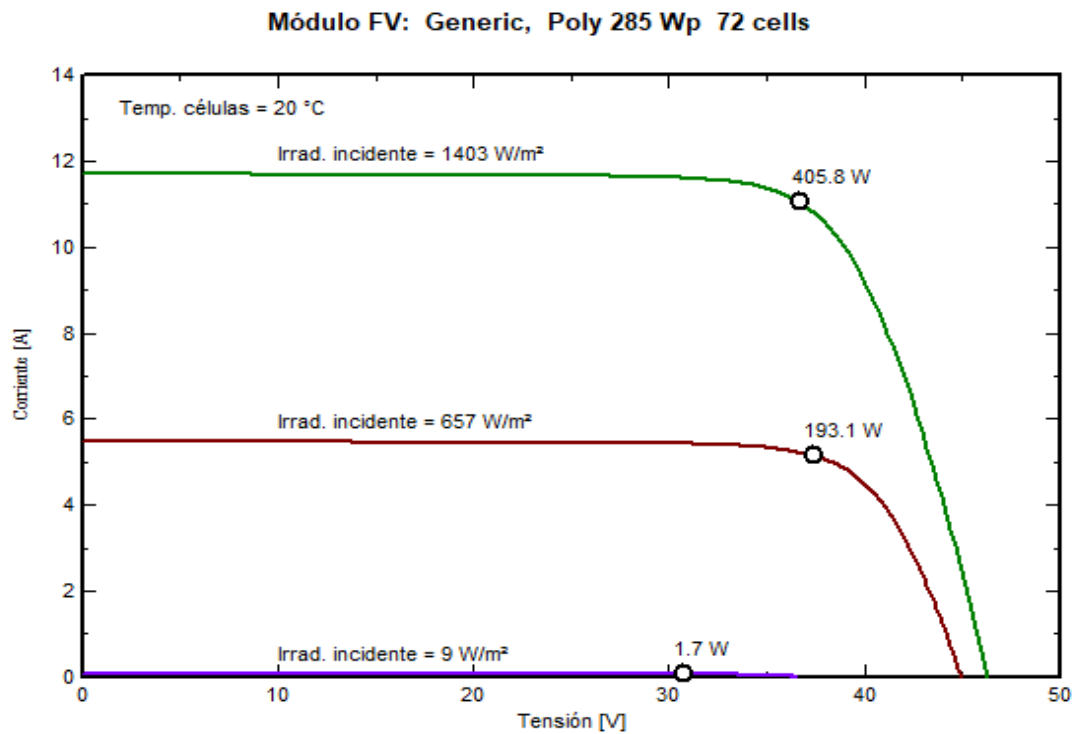


Figura 41. Noviembre 2019 CIITT.

Fuente: Los Autores

En la figura 48 se muestran los valores de irradiación incidente del lugar de estudio, para tener una proyección de la eficiencia de los paneles solares utilizados en base a los datos de irradiación mostrados en las tablas 9,10,11 y 12, podemos observar que la curva de la figura corriente vs tensión nos muestra la potencia pico generada en W del panel solar, se hace uso de los datos máximos para calcular cuánto CO_2eq se reducirá esto se calcula utilizando la ecuación (2) descrita anteriormente así tenemos que en el mes de Noviembre 2019 en el CIITT con una irradiación máxima de 1403 w/m^2 se generan con el panel solar $405,8 \text{ W}$ reduciendo así un total de $5,1335 \text{ kgCO}_2eq$.

Módulo FV: Generic, Poly 285 Wp 72 cells

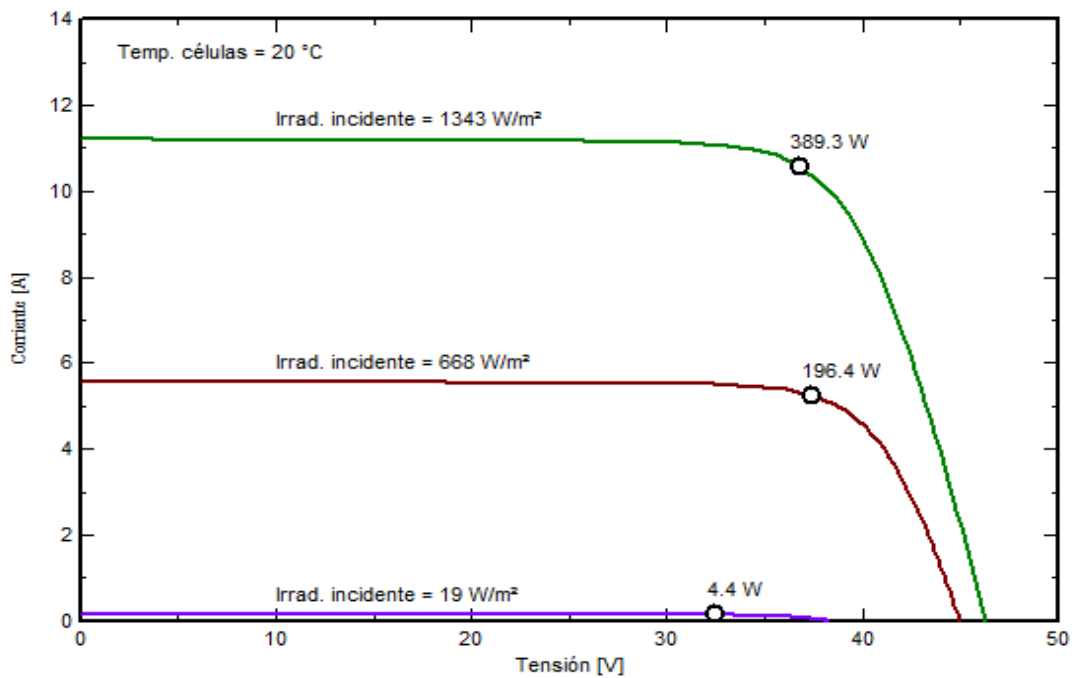


Figura 42. Diciembre 2019 CIITT.

Fuente: Los Autores

En la figura 49 los valores de irradiación incidente del lugar de estudio, para tener una proyección de la eficiencia de los paneles solares utilizados en base a los datos de irradiación mostrados en las tablas 9,10,11 y 12, podemos observar que la curva de la figura corriente vs tensión nos muestra la potencia pico generada en W del panel solar, se hace uso de los datos máximos para calcular cuánto CO_2eq se reducirá esto se calcula utilizando la ecuación (2) descrita anteriormente así tenemos que en el mes de Diciembre 2019 en el CIITT con una irradiación máxima de 1343 w/m^2 se generan con el panel solar $389,3 \text{ W}$ reduciendo así un total de $4,9248 \text{ kgCO}_2eq$.

Anexo 7. Corriente vs Tensión Centro de Investigación Innovación y Transferencia de Tecnología (CIITT) 2020

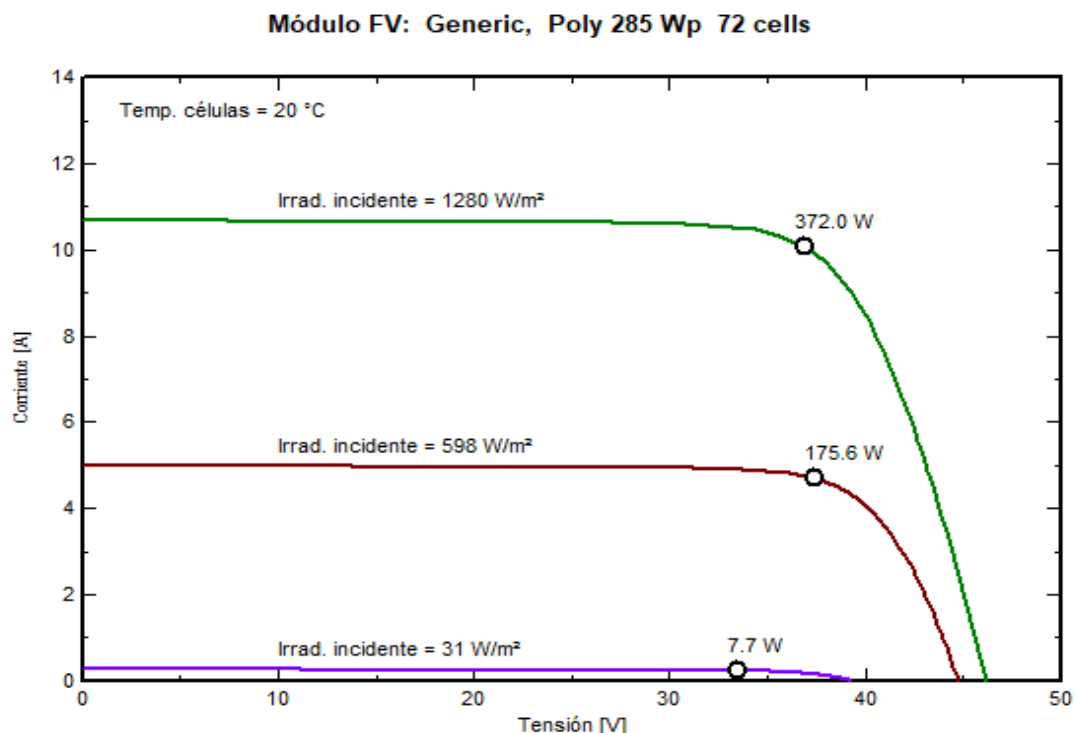


Figura 43. Enero 2020 CIITT.

Fuente: Los Autores

En la figura 50 los valores de irradiación incidente del lugar de estudio, para tener una proyección de la eficiencia de los paneles solares utilizados en base a los datos de irradiación mostrados en las tablas 9,10,11 y 12, podemos observar que la curva de la figura corriente vs tensión nos muestra la potencia pico generada en W del panel solar, se hace uso de los datos máximos para calcular cuánto CO_2eq se reducirá esto se calcula utilizando la ecuación (2) descrita anteriormente así tenemos que en el mes de Enero 2020 en el CIITT con una irradiación máxima de 1280 w/m2 se generan con el panel solar 372 W reduciendo así un total de 4,7059 kg CO_2eq .

Módulo FV: Generic, Poly 285 Wp 72 cells

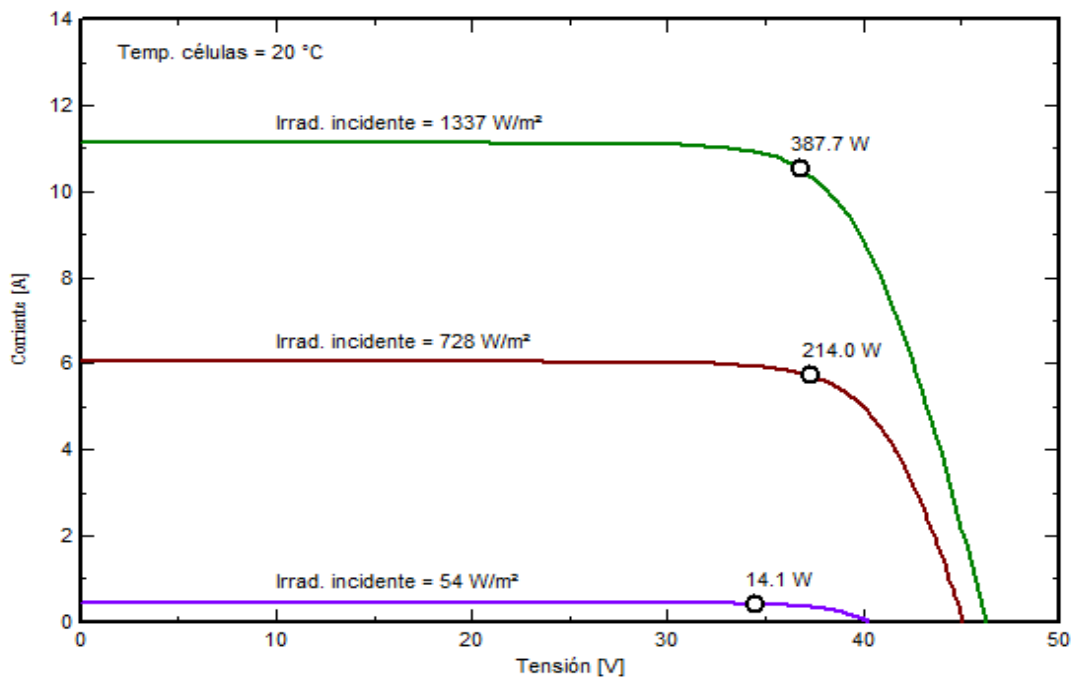


Figura 44. Febrero 2020 CIITT.

Fuente: Los Autores

En la figura 51 los valores de irradiación incidente del lugar de estudio, para tener una proyección de la eficiencia de los paneles solares utilizados en base a los datos de irradiación mostrados en las tablas 9,10,11 y 12, podemos observar que la curva de la figura corriente vs tensión nos muestra la potencia pico generada en W del panel solar, se hace uso de los datos máximos para calcular cuánto CO_2eq se reducirá esto se calcula utilizando la ecuación (2) descrita anteriormente así tenemos que en el mes de Febrero 2020 en el CIITT con una irradiación máxima de 1337 w/m^2 se generan con el panel solar $387,7 \text{ W}$ reduciendo así un total de $4,9045 \text{ kgCO}_2eq$.

Módulo FV: Generic, Poly 285 Wp 72 cells

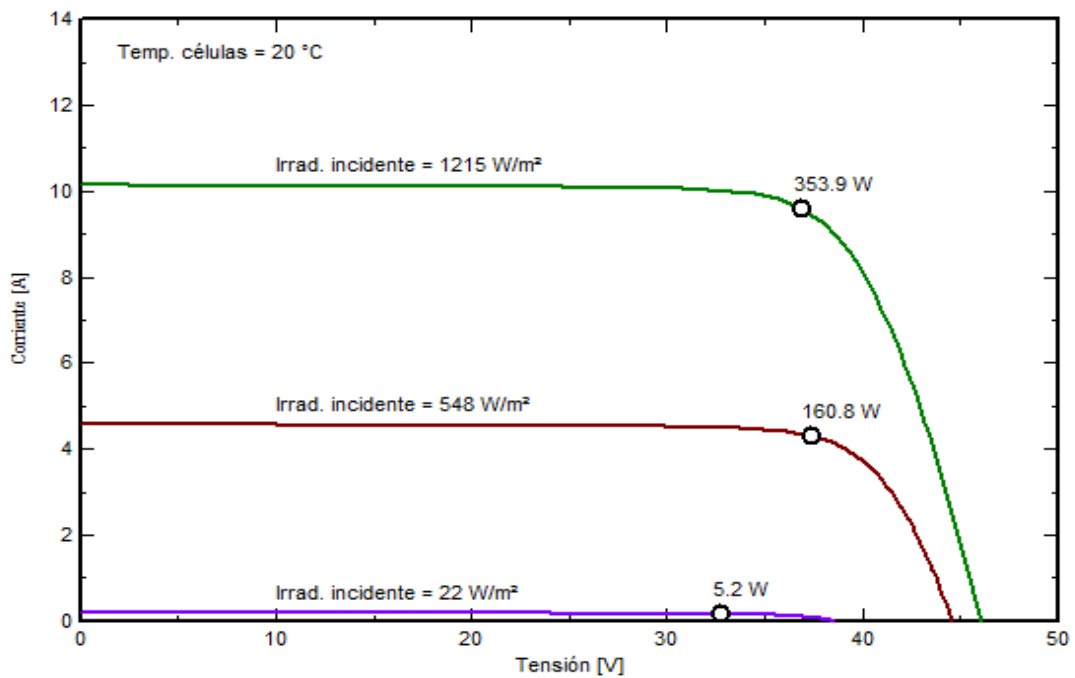


Figura 45. Marzo 2020 CIITT.

Fuente: Los Autores

En la figura 52 los valores de irradiación incidente del lugar de estudio, para tener una proyección de la eficiencia de los paneles solares utilizados en base a los datos de irradiación mostrados en las tablas 9,10,11 y 12, podemos observar que la curva de la figura corriente vs tensión nos muestra la potencia pico generada en W del panel solar, se hace uso de los datos máximos para calcular cuánto CO_2eq se reducirá esto se calcula utilizando la ecuación (2) descrita anteriormente así tenemos que en el mes de Marzo 2020 en el CIITT con una irradiación máxima de 1215 w/m2 se generan con el panel solar 353,9 W reduciendo así un total de 4,4769 kg CO_2eq

Módulo FV: Generic, Poly 285 Wp 72 cells

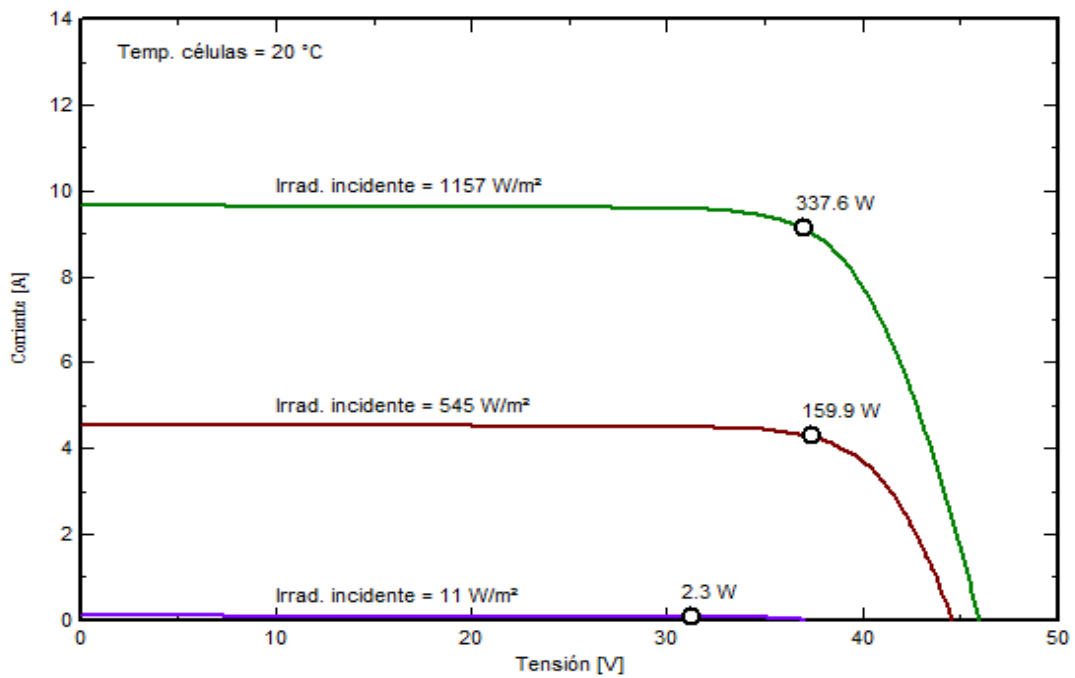


Figura 46. Abril 2020 CIITT.

Fuente: Los Autores

En la figura 53 los valores de irradiación incidente del lugar de estudio, para tener una proyección de la eficiencia de los paneles solares utilizados en base a los datos de irradiación mostrados en las tablas 9,10,11 y 12, podemos observar que la curva de la figura corriente vs tensión nos muestra la potencia pico generada en W del panel solar, se hace uso de los datos máximos para calcular cuánto CO_2eq se reducirá esto se calcula utilizando la ecuación (2) descrita anteriormente así tenemos que en el mes de Abril 2020 en el CIITT con una irradiación máxima de 1157 w/m2 se generan con el panel solar 337,6 W reduciendo así un total de 4,2707 kg CO_2eq .

Módulo FV: Generic, Poly 285 Wp 72 cells

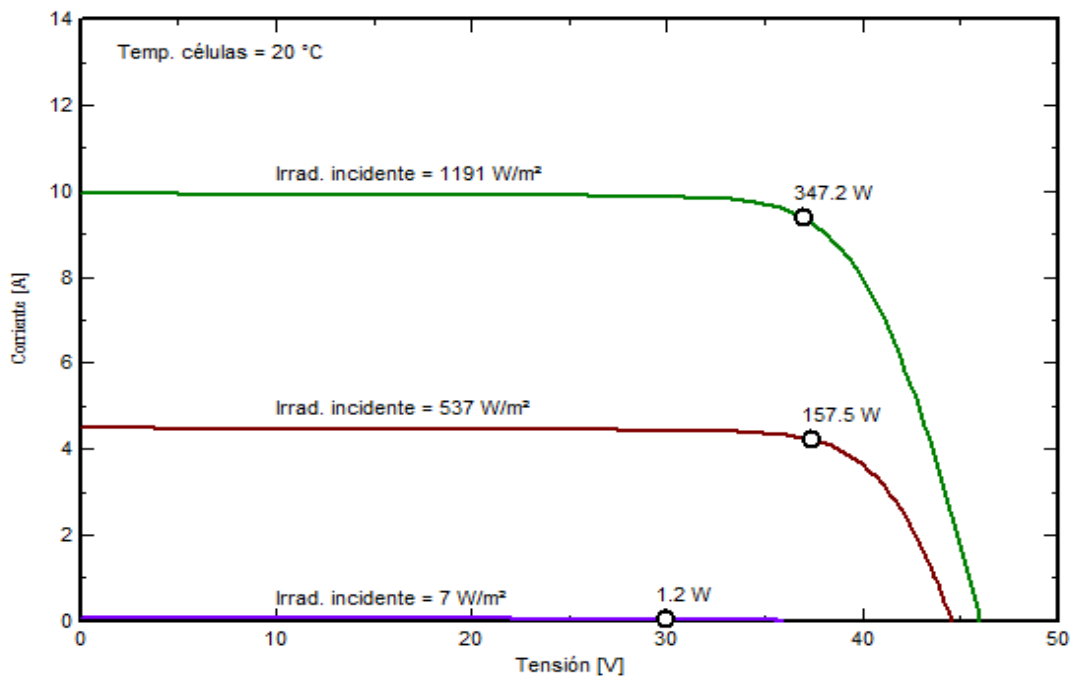


Figura 47. Mayo 2020 CIITT.

Fuente: Los Autores.

En la figura 54 los valores de irradiación incidente del lugar de estudio, para tener una proyección de la eficiencia de los paneles solares utilizados en base a los datos de irradiación mostrados en las tablas 9,10,11 y 12, podemos observar que la curva de la figura corriente vs tensión nos la potencia pico generada en W del panel solar, se hace uso de los datos máximos para calcular cuánto CO_2eq se reducirá esto se calcula utilizando la ecuación (2) descrita anteriormente así tenemos que en el mes de Mayo 2020 en el CIITT con una irradiación máxima de $1191 w/m^2$ se generan con el panel solar $347,2 W$ reduciendo así un total de $4,3922 kgCO_2eq$

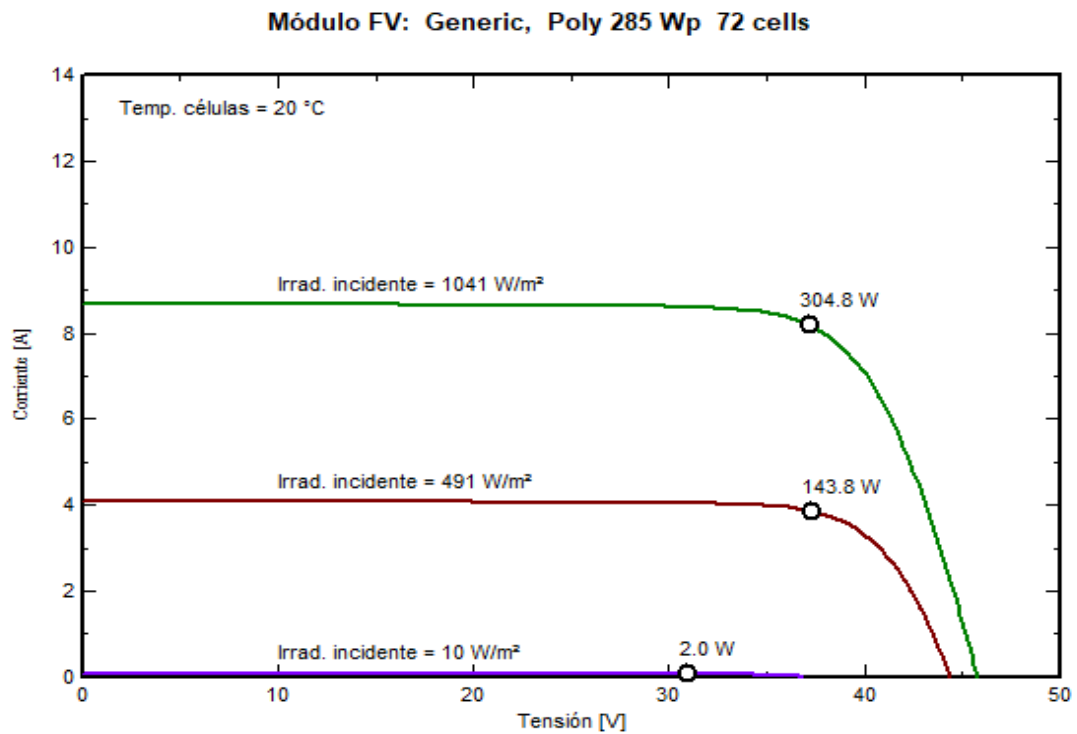


Figura 48. Junio 2020 CIITT.

Fuente: Los Autores

En la figura 55 se muestran los valores de irradiación incidente del lugar de estudio, para tener una proyección de la eficiencia de los paneles solares utilizados en base a los datos de irradiación mostrados en las tablas 9,10,11 y 12, podemos observar que la curva de la figura corriente vs tensión nos muestra la potencia pico generada en W del panel solar, se hace uso de los datos máximos para calcular cuánto CO_2eq se reducirá esto se calcula utilizando la ecuación (2) descrita anteriormente así tenemos que en el mes de Junio 2020 en el CIITT con una irradiación máxima de 1041 w/m2 se generan con el panel solar 304,8 W reduciendo así un total de 3,8558 kg CO_2eq

Módulo FV: Generic, Poly 285 Wp 72 cells

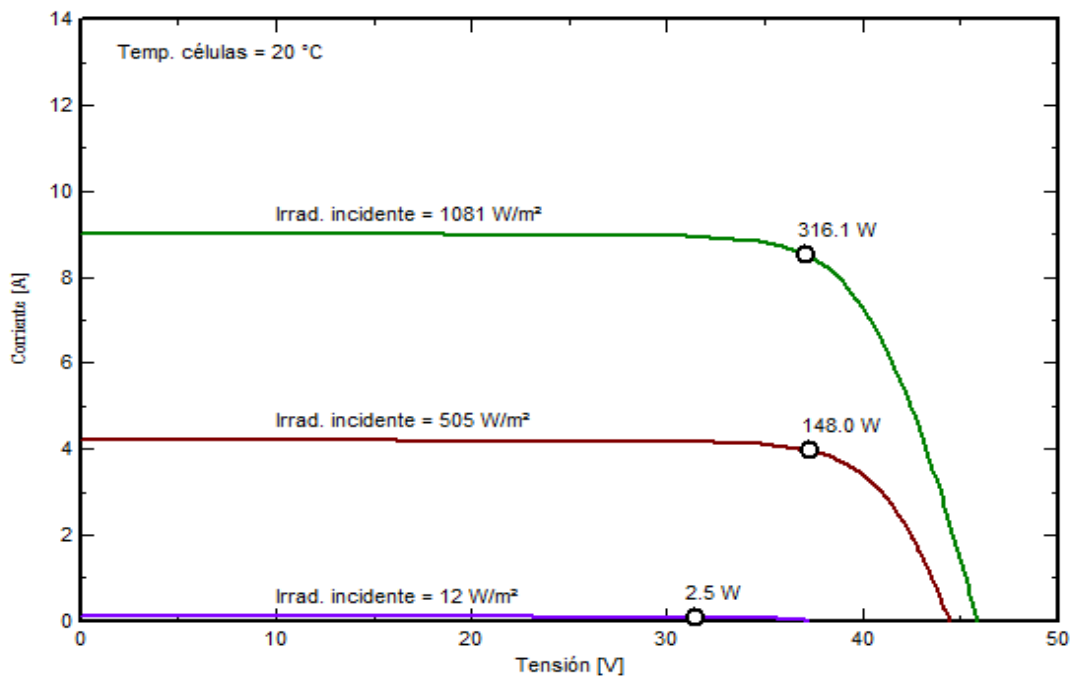


Figura 49. Julio 2020 CIITT.

Fuente: Los Autores

En la figura 56 los valores de irradiación incidente del lugar de estudio, para tener una proyección de la eficiencia de los paneles solares utilizados en base a los datos de irradiación mostrados en las tablas 9,10,11 y 12, podemos observar que la curva de la figura corriente vs tensión nos la potencia pico generada en W del panel solar, se hace uso de los datos máximos para calcular cuánto CO_2eq se reducirá esto se calcula utilizando la ecuación (2) descrita anteriormente así tenemos que en el mes de Julio 2020 en el CIITT con una irradiación máxima de 1081 w/m2 se generan con el panel solar 316,1 W reduciendo así un total de 3,9988 kg CO_2eq

Módulo FV: Generic, Poly 285 Wp 72 cells

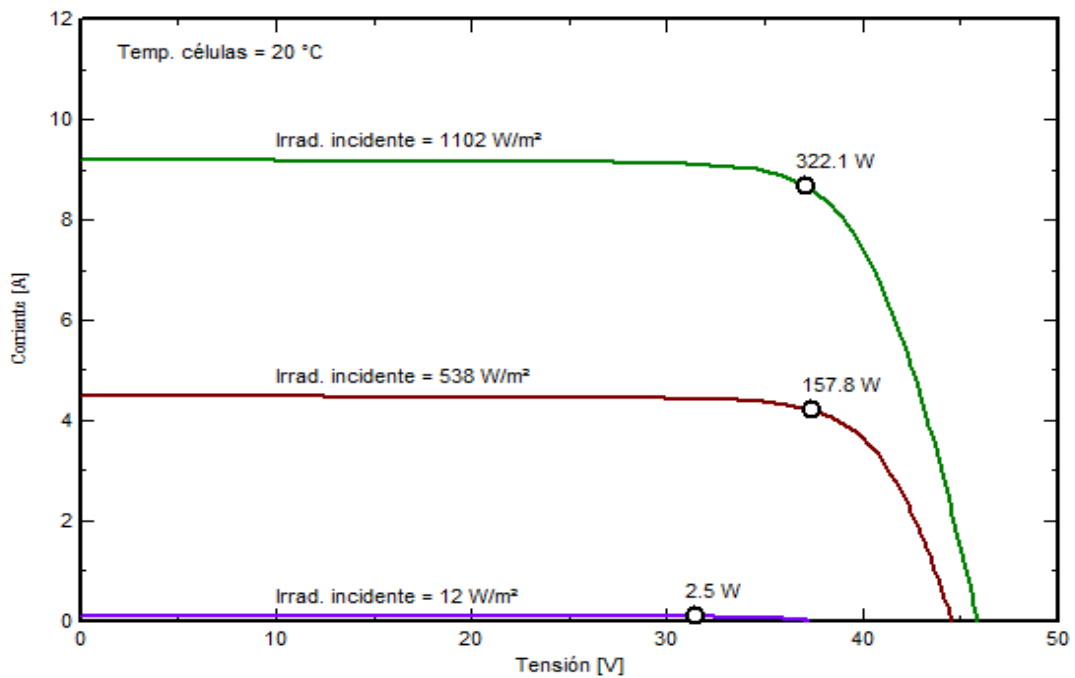


Figura 50. Agosto 2020 CIITT.

Fuente: Los Autores.

En la figura 57 los valores de irradiación incidente del lugar de estudio, para tener una proyección de la eficiencia de los paneles solares utilizados en base a los datos de irradiación mostrados en las tablas 9,10,11 y 12, podemos observar que la curva de la figura corriente vs tensión nos muestra la potencia pico generada en W del panel solar, se hace uso de los datos máximos para calcular cuánto CO_2eq se reducirá esto se calcula utilizando la ecuación (2) descrita anteriormente así tenemos que en el mes de Agosto 2020 en el CIITT con una irradiación máxima de 1102 w/m2 se generan con el panel solar 322,1 W reduciendo así un total de 4,0747 kg CO_2eq

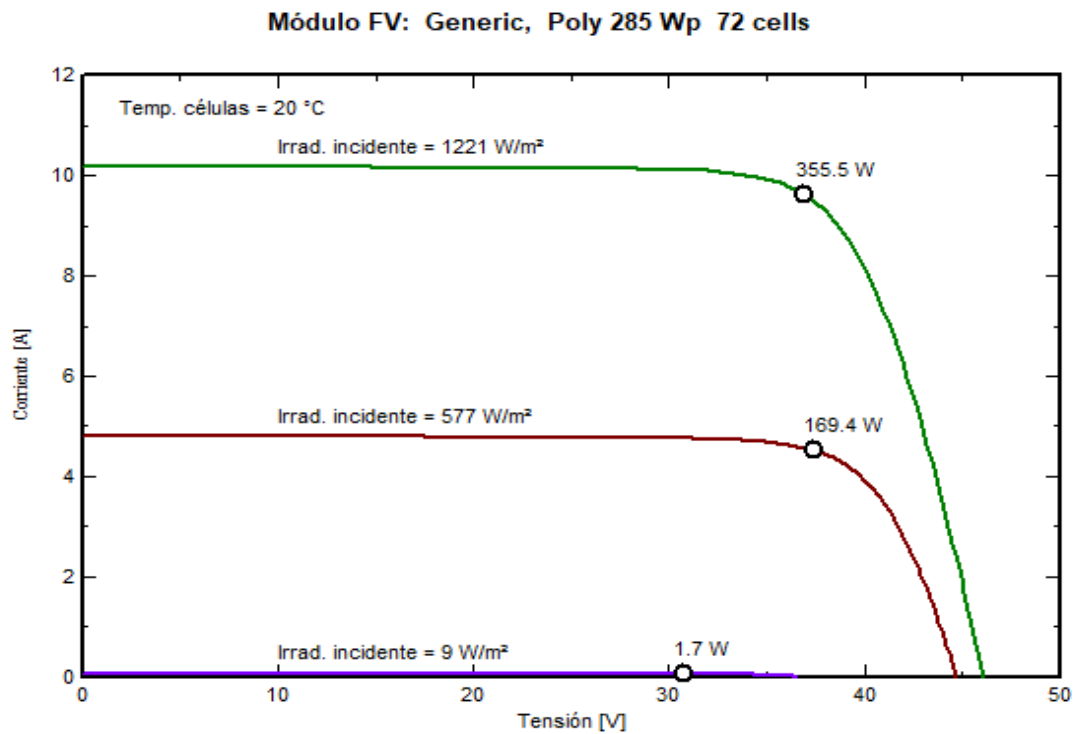


Figura 51. Septiembre 2020 CIITT.

Fuente: Los Autores.

En la figura 58 los valores de irradiación incidente del lugar de estudio, para tener una proyección de la eficiencia de los paneles solares utilizados en base a los datos de irradiación mostrados en las tablas 9,10,11 y 12, podemos observar que la curva de la figura corriente vs tensión nos muestra la potencia pico generada en W del panel solar, se hace uso de los datos máximos para calcular cuánto CO_2eq se reducirá esto se calcula utilizando la ecuación (2) descrita anteriormente así tenemos que en el mes de Septiembre 2020 en el CIITT con una irradiación máxima de 1221 w/m2 se generan con el panel solar 355,5 W reduciendo así un total de 4,4972 kg CO_2eq

Módulo FV: Generic, Poly 285 Wp 72 cells

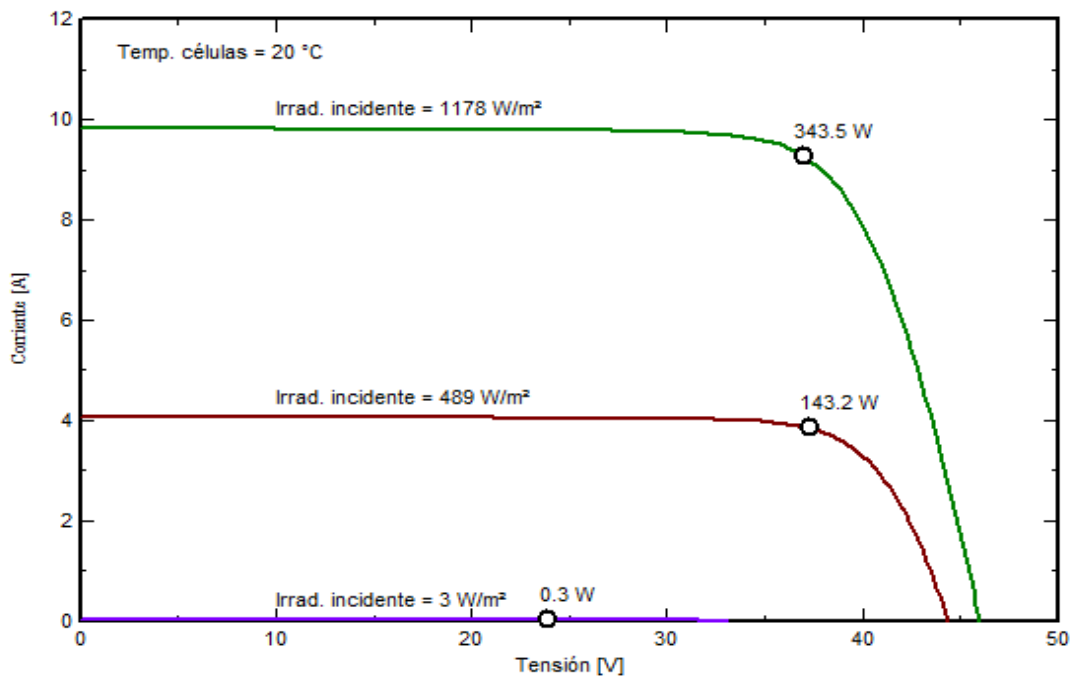


Figura 52. Octubre 2020 CIITT.

Fuente: Los Autores

En la figura 59 los valores de irradiación incidente del lugar de estudio, para tener una proyección de la eficiencia de los paneles solares utilizados en base a los datos de irradiación mostrados en las tablas 9,10,11 y 12, podemos observar que la curva de la figura corriente vs tensión nos muestra la potencia pico generada en W del panel solar, se hace uso de los datos máximos para calcular cuánto CO_2eq se reducirá esto se calcula utilizando la ecuación (2) descrita anteriormente así tenemos que en el mes de Octubre 2020 en el CIITT con una irradiación máxima de 1178 w/m^2 se generan con el panel solar $343,5 \text{ W}$ reduciendo así un total de $4,3454 \text{ kgCO}_2eq$

Módulo FV: Generic, Poly 285 Wp 72 cells

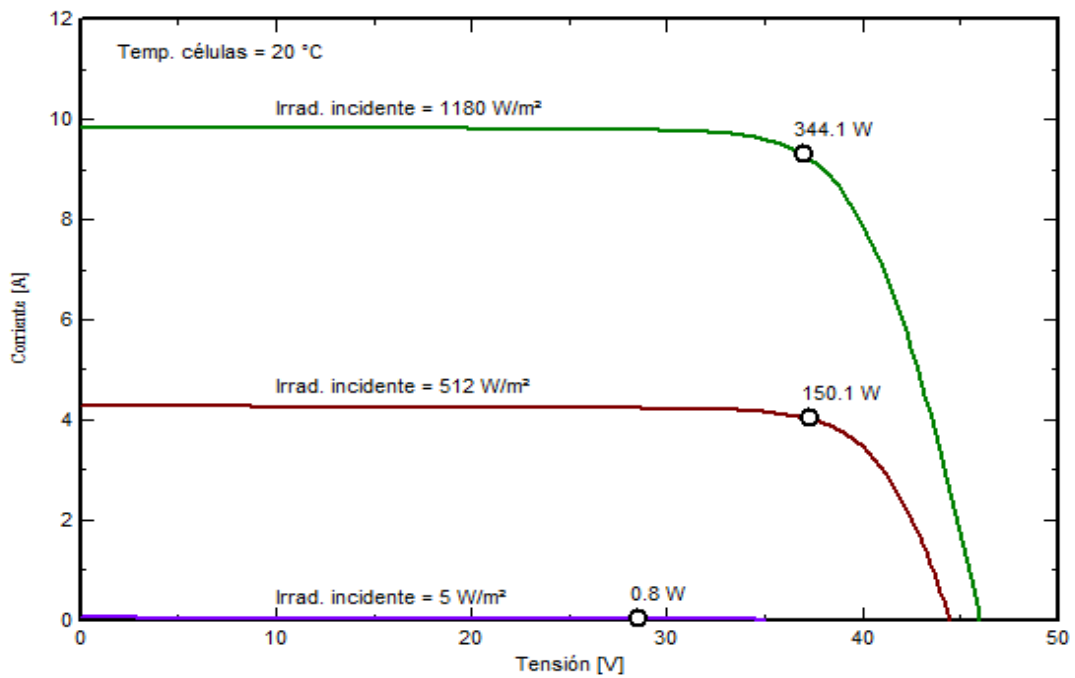


Figura 53. Noviembre 2020 CIITT.

Fuente: Los Autores.

En la figura 60 los valores de irradiación incidente del lugar de estudio, para tener una proyección de la eficiencia de los paneles solares utilizados en base a los datos de irradiación mostrados en las tablas 9,10,11 y 12, podemos observar que la curva de la figura corriente vs tensión nos muestra la potencia pico generada en W del panel solar, se hace uso de los datos máximos para calcular cuánto CO_2eq se reducirá esto se calcula utilizando la ecuación (2) descrita anteriormente así tenemos que en el mes de Noviembre 2020 en el CIITT con una irradiación máxima de $1180 w/m^2$ se generan con el panel solar 344,1 W reduciendo así un total de 4,3530 $kgCO_2eq$

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Nosotros, **Oscar Javier Samaniego Chillogalli** portador(a) de la cédula de ciudadanía N° **0106003072** y **Bryan Renato Ulloa Llivicura** portador(a) de la cédula de ciudadanía N° **0105450449**. En calidad de autores y titulares de los derechos patrimoniales del trabajo de titulación **“Reducción de la huella de carbono por medio de la implementación de un sistema fotovoltaico en el edificio de Posgrados y CIITT de la UCACUE”** de conformidad a lo establecido en el artículo 114 Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, reconocemos a favor de la Universidad Católica de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos y no comerciales. Autorizamos además a la Universidad Católica de Cuenca, para que realice la publicación de éste trabajo de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, **12 de enero de 2022**



F:

Oscar Javier Samaniego Chillogalli

C.I. **0106003072**



F:

Bryan Renato Ulloa Llivicura

C.I. **0105450449**