



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE GUAYAQUIL

CARRERA DE ELECTRICIDAD

ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE PANELES FOTOVOLTAICOS BAJO
DIVERSAS CONDICIONES CLIMATOLÓGICAS MEDIANTE HERRAMIENTAS DE
PROGRAMACIÓN

Trabajo de titulación previo a la obtención del
Título de Ingeniero Eléctrico

AUTOR: ANDRÉS NARCILO CHICAIZA MACIAS

TUTOR: ING JOSE JAIME CARRIEL, MSC

GUAYAQUIL – ECUADOR

2024

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Andrés Narcilo Chicaiza Macias con documento de identificación N° 0954575809; manifiesto que:

Soy el autor y responsables del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Guayaquil, 19 de febrero del año 2024

Atentamente,

A handwritten signature in blue ink, consisting of several loops and a long horizontal stroke.

Andrés Narcilo Chicaiza Macias
0954575809

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Yo, Andrés Narcilo Chicaiza Macias con documento de identificación No. 0954575809, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del proyecto técnico : ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE PANELES FOTOVOLTAICOS, BAJO DIVERSAS CONDICIONES CLIMATOLÓGICAS MEDIANTE HERRAMIENTAS DE PROGRAMACIÓN , el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Eléctrico, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 19 de febrero del año 2024

Atentamente,

A handwritten signature in blue ink, consisting of several loops and a long horizontal stroke, positioned above a horizontal line.

Andrés Narcilo Chicaiza Macias
0954575809

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, José Roberto Jaime Carriel con documento de identificación N° 1713338158, docente de la Universidad Politécnica Salesiana declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE PANELES FOTOVOLTAICOS, BAJO DIVERSAS CONDICIONES CLIMATOLÓGICAS MEDIANTE HERRAMIENTAS DE PROGRAMACIÓN realizado por Andrés Narcilo Chicaiza Macias con documento de identificación N° 0954575809, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción proyecto técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 19 de febrero del año 2024

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'J.R. Carriel', written over a horizontal line.

Ing. José Roberto Jaime Carriel, MSC
1713338158

DEDICATORIA

Yo Andrés Narcilo Chicaiza Macias quiero dedicar este proyecto técnico a mis padres Antonio Chicaiza y Bella Macias quienes desde pequeño me han formado para llegar a ~~un~~ mis metas hasta este día, a mis hermanos Andrea y Anthony que me apoyaron en todo sentido mientras cursaba mi carrera universitaria y mi vida en general.

Finalmente, a mis profesores, amigos, que siempre confiaron en mí y me acompañaron en todomomento.

AGRADECIMIENTO

Principalmente agradecido con Dios por haberme encaminado en esta maravillosa carrera, a mis padres Antonio Chicaiza y Bella Macias, mis hermanos Andrea y Anthony porque jamás permitieron que me rinda.

Quiero expresar mi agradecimiento a la gran mayoría de maestros, que más que maestros ocuparon el lugar de un amigo, aquellos que me brindaron su paciencia, conocimientos, confianza y experiencia con el fin de formar un ser humano de provecho y capaz, gracias por apostar por mí.

Agradezco a mi familia y allegados, a todo el sacrificio individual realizado por cada uno de ustedes para fortalecer mi espíritu y mis ganas de seguir adelante para cumplirmis objetivos. Finalmente, a mi tutor el Ingeniero José Jaime Carriel que me enseñó a siempre apuntar más alto.

RESUMEN

La energía lumínica que llega proveniente del espacio exterior es aprovechada como recurso renovable. Cada sector tiene condiciones climáticas únicas, incluidas variaciones en la radiación solar, temperatura, humedad y precipitación, caída de nieve que presentan desafíos importantes para el rendimiento, la eficiencia, el mantenimiento, etc. El objetivo básico del proyecto es aprender y razonar sobre la respuesta de las células solares a diferentes condiciones climáticas. Estos incluyen los efectos directos e indirectos de la luz solar, los cambios estacionales, las temperaturas extremas, la acumulación de polvo y otros factores que afectan directa o indirectamente la producción de energía solar. El enfoque utilizado en este estudio combina datos meteorológicos recopilados de diferentes ubicaciones geográficas utilizando herramientas de simulación y modelos matemáticos. También se seleccionó los datos cuantitativos directamente de los paneles solares desde diferentes ubicaciones geográficas (local e internacional) y condiciones climatológicas para reafirmar y añadir los resultados de la representación. La finalidad de esta indagación es saber los retos a lo que se les presenta a los paneles fotovoltaicos en diferentes campos, ecosistemas o biomas y proponer resultados positivos y tácticas de perfeccionamiento para su correcto y desempeño con los más altos estándares de eficiencia, cabe recalcar que esto se deberá. La colección de los datos finales de esta presentación puede suministrar información importante para una decisión efectiva en la implementación futura de equipos fotovoltaicos, en la planificación de grandes proyectos de energía solar y en la aplicación de esta tecnología en diferentes condiciones climáticas.

ABSTRACT

Light energy arriving from outer space is harnessed as a renewable resource. Each sector has unique climatic conditions, including variations in solar radiation, temperature, humidity and precipitation, snowfall, etc. that present significant challenges for performance, efficiency, maintenance, etc. The main objective of this project is to study and reason about the response of solar cells to different climatic conditions. These include direct and indirect effects of sunlight, seasonal changes, temperature extremes, dust accumulation and other factors that directly or indirectly affect solar energy production. The approach used in this study combines meteorological data collected from different geographical locations using simulation tools and mathematical models. Quantitative data directly from solar panels from different geographical locations (local and international) and weather conditions were also selected to reaffirm and add to the results of the representation. The purpose of this research is to know the challenges that photovoltaic panels face in different fields, ecosystems or biomes and to propose positive results and improvement tactics for their correct and performance with the highest efficiency standards, it should be emphasized that this should be done. The collection of the final data in this presentation can provide important information for effective decision making in the future implementation of photovoltaic equipment, in the planning of large solar energy projects and in the application of this technology in different climatic conditions.

INDICE

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....	ii
CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA.....	iii
CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	iv
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO.....	vi
RESUMEN.....	vii
ABSTRACT	viii
INTRODUCCIÓN	1
PROBLEMÁTICA.....	2
JUSTIFICACIÓN.....	3
ALCANCE	3
BENEFICIARIOS	5
OBJETIVOS:	5
Objetivo General:.....	5
Objetivo Especifico:	5
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	6
Calidad de la radiación solar	7
Modelado matemático panel fotovoltaico	8
Dispersión.....	10
Radiación solar	11
La radiación solar sobre una superficie inclinada	11
Distribución espectral de la radiación solar.....	14
MARCO METODOLOGICO	17

RESULTADOS.....	42
CONCLUSIONES	46
RECOMENDACIONES	47
REFERENCIAS.....	48
ANEXOS.....	52
Anexos 1: simulación con clima lluvioso.....	52
Anexos 2: simulación con clima soleado	62
Anexos 3: simulación con clima nublado.....	72
Anexos 4: simulación con clima de nieve	74
Anexos 5: simulación con datos nacionales (región sierra)	82
Anexos 6: simulación con datos nacionales (costa)	87
Anexos 7: simulación con datos nacionales (amazonia)	92
Anexos 8: simulación con datos nacionales (insular).....	94
Anexos 9: pruebas realizadas en el laboratorio de generación	95
Anexos 10: bloques de simulación completa	100
Anexos 11: datos generales de las ciudades	101

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación del sitio de implementación de proyecto,	4
Figura 2 Diagrama en (AutoCAD 2D) de la ubicación del módulo, [2]	4
Figura 3 Conformación del modelo matemático simplificado en simulink, [5]	9
Figura 4 Módulo de entrenamiento solar fotovoltaico [6]	9
Figura 5 Índice de refracción de distintos medios en función de la longitud de onda [7]	10
Figura 6 Espectro de la relación de solar de la tierra, [7]	11
Figura 7 La animación muestra el cálculo de las distintas insolaciones, [8]	12
Figura 8 Espectro electromagnético, [9]	14
Figura 9 Mapa solar de américa, [10]	15
Figura 10 Mapa solar de europa y áfrica, [10]	16
Figura 11 Mapa solar de asia y oceanía, [10]	16
Figura 12 Módulo de entrenamiento solar fotovoltaico, [6]	18
Figura 13 Breaker principal, [6]	18
Figura 14 Controlador pwm y controlador mppt, [6]	19
Figura 15 Baterías	19
Figura 16 Inversor aislado, [6]	20
Figura 17 Protecciones, [6]	20
Figura 18 Cargas (luminarias), [6]	21
Figura 19 Victronconnect, [6]	21
Figura 20 Ambient-weather, [6]	22
Figura 21 Captura del victronconnect 1, [11]	22
Figura 22 Panel fotovoltaico, [6]	23
Figura 23 Pantalla del ambient weather en tiempo real día nublado, [6]	23
Figura 24 Captura del victronconnect 2, [11]	24
Figura 25 Día soleado, [6]	24
Figura 26 Ambient weather en tiempo real día soleado, [6]	25
Figura 27 Captura del victronconnect 3, [11]	25
Figura 28 Tarde soleada, [6]	26
Figura 29 Ambient weather en tiempo real de tarde soleada, [6]	26
Figura 30 Captura del victronconnect 4, [11]	27
Figura 31 Panel fotovoltaico prueba de cenizas, [6]	27

Figura 32 Ambient weather en tiempo real de tarde soleada con prueba de cenizas, [6]	28
Figura 33 Captura victronconnect 5, [11]	28
Figura 34 Prueba nieve (hielo) sobre el panel fotovoltaico, [6].....	29
Figura 35 Ambient weather en tiempo real de tarde nublada (nieve), [6]	29
Figura 36 Simulink constante, [5]	30
Figura 37 Pv array, [5]	30
Figura 38 Powergui, [5]	30
Figura 39 Diodo, [5].....	31
Figura 40 Display, [5]	31
Figura 41 Puerto de conexión, [5].....	31
Figura 42 Medidor de corriente, [5].....	32
Figura 43 Medidor de voltaje, [5]	32
Figura 44 Controlador de voltaje, [5].....	32
Figura 45 Rampa, [5]	32
Figura 46 Producto, [5]	33
Figura 47 Área de trabajo, [5]	33
Figura 48 Bloque goto.....	33
Figura 49 Scope, [5].....	33
Figura 50 Parte de la simulación con panel fotovoltaico, [5].....	34
Figura 51 Parte 2 de la simulación con display, diodo y puertos de conexión, [5].....	34
Figura 52 Parte 3 de la simulación con medidor de corriente y voltaje junto a la rampa, [5] ..	35
Figura 53 Parte 4 de la simulación, [5]	35
Figura 54 Parte final de la simulación con los resultados, [5]	36
Figura 55 Mapa del ecuador de la temperatura media	40
Figura 56 proporción y resultados generales de los resultados, [2]	42
Figura 57 Grafico de comparación de potencias, [2]	43
Figura 58 Proporción y resultados generales de los resultados (local)	44
Figura 59 Grafico de comparación de potencias (local)	45
Figura 60 Resultados de mawsynram, India	52
Figura 61 Resultados de cherrapunji, india.....	52
Figura 62 Resultados de tutunendo, colombia	53
Figura 63 Resultados de darién, panamá.....	53

Figura 64 Resultados de san Antonio de ureca, guinea ecuatorial	54
Figura 65 Resultados de debundscha, camerún	54
Figura 66 Resultados big bog, hawái	55
Figura 67 Resultados de monte waialeale, hawái	55
Figura 68 Resultados de pu'u kukui, hawai	56
Figura 69 Resultados de yakushima, japon	56
Figura 70 Resultados de buenaventura, colombia.....	57
Figura 71 Resultados de manizales, colombia	57
Figura 72 Resultados de mikomeseng, guinea ecuatorial	58
Figura 73 Resultados de san vito, costa rica	58
Figura 74 Resultados de hilo, hawái	59
Figura 75 Resultados de vancouver, canada	59
Figura 76 Resultados de amsterdam, paises bajos	60
Figura 77 Resultados de helsinki, finlandia	60
Figura 78 Resultados de copenhagen, dinamarca	61
Figura 79 Resultados de oslo, noruega.....	61
Figura 80 Resultados de tucson, estados unidos	62
Figura 81 Resultados de fortaleza, brasil	62
Figura 82 Resultados de las vegas, estados unidos	63
Figura 83 Resultados de el cairo, egipto	63
Figura 84 Resultados de los ángeles, estados unidos	64
Figura 85 Resultados de tabuk, arabia saudita	64
Figura 86 Resultados de puerto estrella, colombia	65
Figura 87 Resultados de arequipa, Perú	65
Figura 88 Resultados de tacna, peru.....	66
Figura 89 Resultados de iquique, chile	66
Figura 90 Resultados de sao paulo, brazil.....	67
Figura 91 Resultados de cancion, mexico	67
Figura 92 Resultados de ciudad mexico, mexico	68
Figura 93 Resultados de Málaga, España.....	68
Figura 94 Resultados de barcelona, España.....	69
Figura 95 Resultados de alicante, España.....	69

Figura 96 Resultados de lisboa, portugal	70
Figura 97 Resultados de salvador, el salvador	70
Figura 98 Resultados de johanesburgo, sudáfrica	71
Figura 99 Resultados de darwin, australia	71
Figura 100 Resultados de lima, Perú	72
Figura 101 Resultados de londres, inglaterra	72
Figura 102 Resultados de manaos, brasil	73
Figura 103 Resultados de Juneau , Alaska	73
Figura 104 Resultados de hamburgo, alemania	74
Figura 105 Resultados de sapporo, japon.....	74
Figura 106 Resultados de toyama, japon	75
Figura 107 Resultados de aomori, japon.....	75
Figura 108 Resultados de st. john's , canada	76
Figura 109 Resultados de quebec, canada.....	76
Figura 110 Resultados de syracuse, estados unidos	77
Figura 111 Resultados de Saguenay, Canadá.....	77
Figura 112 Resultados de akita, japon	78
Figura 113 Resultados de búfalo, estados unidos	78
Figura 114 Resultados de nome, alaska	79
Figura 115 Resultados de montpelier, estados unidos	79
Figura 116 Resultados de pittsburg, estados unidos	80
Figura 117 Resultados de berlin, alemania	80
Figura 118 Resultados de san petersburgo, rusia	81
Figura 119 Resultados de Ekaterimburgo, Rusia	81
Figura 120 Resultados de pedro moncayo, pichincha-ecuador	82
Figura 121 Resultados de mejía, pichincha-ecuador.....	83
Figura 122 Resultados de cayambe, pichincha-ecuador	83
Figura 123 Resultados de pedro vicente maldonado, pichincha-ecuador	83
Figura 124 Resultados de puerto quito, pichincha-ecuador	84
Figura 125 Resultados de chordeleg, azuay-ecuador	84
Figura 126 Resultados de pucara, azuay-ecuador	85
Figura 127 Resultados de el pan, azuay-ecuador	85

Figura 128 Resultados de nabón, azuay-ecuador	86
Figura 129 Resultados de camilo ponce, azuay-ecuador	86
Figura 130 Resultados de Guayaquil, Guayas	87
Figura 131 Resultados de colimes, guayas.....	87
Figura 132 Resultados de santa lucia, guayas	88
Figura 133 Resultados de bucay, guayas	88
Figura 134 Resultados de tenguel, guayas	89
Figura 135 Resultados de olòn, snta elena	89
Figura 136 Resultados de salinas, santa elena.....	90
Figura 137 Resultados de manta, manabi.....	90
Figura 138 Resultados de portoviejo, manabí.....	91
Figura 139 Resultados de quinindé, esmeraldas	91
Figura 140 Resultados de el coca, orellana	92
Figura 141 Resultados de tena, napo.....	92
Figura 142 Resultados de nueva loja, sucumbíos	93
Figura 143 Macas, morona santiago	93
Figura 144 Resultados de zamora, zamora chinchipe	94
Figura 145 Resultados de puerto baquerizo, galápagos	94
Figura 146 Preparación del modulo fotovoltaico	95
Figura 147 Conexión del módulo.....	95
Figura 148 Preparación del módulo	96
Figura 149 Ubicación del módulo en la terraza de la universidad	96
Figura 150 Pruebas realizadas con la conexión del módulo	97
Figura 151 Panel solar ubicado en la terraza del edificio e.....	97
Figura 152 Prueba de simulación con el panel fotovoltaico en condiciones precarias	98
Figura 153 Prueba de simulación con el panel fotovoltaico con partículas de polvo en día nublado	98
Figura 154 Prueba de simulación de caída de cenizas en el panel fotovoltaico.....	99
Figura 155 Prueba de simulación de caída de nieve (hielo) en el panel fotovoltaico	99
Figura 156 Bloques de simulación (simulink-matlab), [5]	100

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1 Fotocorriente [3].....	8
Ecuación 2 Corriente de saturación [4].....	8
Ecuación 3 Corriente de saturación reversa [4]	8
Ecuación 4 Corriente shunt, [4].....	8
Ecuación 5 Corriente fotovoltaico, [4].....	9
Ecuación 6, S (horizontal).....	12
Ecuación 7, S(módulo).....	12
Ecuación 8, Ángulo de elevación.....	12
Ecuación 9, Latitud	13
Ecuación 10, S(módulo).....	13

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Nomenclatura de los paneles solares, [2].....	7
Tabla 2 Datos de ciudades lluviosas, [2].....	37
Tabla 3 Datos de ciudades soleadas, [2]	38
Tabla 4 Datos de ciudades nubladas, [2].....	38
Tabla 5 Datos de ciudades con mayor caída de nieve, [2]	39
Tabla 6 Datos de la sierra, [2]	40
Tabla 7 Datos de la costa, [2].....	41
Tabla 8 Datos de la amazonia, [2].....	41
Tabla 9 Dato Insular, [2]	41

INTRODUCCIÓN

Existe un elevado empeño por minimizar la huella de dióxido de carbono producida a raíz de la incineración de combustible fósil que es la principal fuente de generación de electricidad, por lo que algunos países deciden optar por nuevas alternativas tecnológicas para la generación de electricidad mediante tecnología pura. Permitiendo a los sistemas fotovoltaicos la configuración razonablemente fácil. [1]

No obstante, esta tecnología utilizada en los sistemas fotovoltaicos es limitada a un beneficio y eficiencia por diferentes cambios climatológicos que se viven en la actualidad, que desfavorece su mayor rendimiento y eficiencia al ser usada en sitios que demandan altos costos, lugares extremos o alejados, donde la mayor cantidad de radiación solar no es bien receptada por las células fotovoltaicas. [2]

Es por eso que durante los últimos años se ha venido estudiando el perfeccionamiento de sistemas fotovoltaicos, proyectando de manera gradual la búsqueda de mejorar el rendimiento de los sistemas solares para que esto sea posible para hacer esta oportunidad de generación de energía un reemplazo a las fuentes primordiales de energía de la actualidad [2]

Dado los bajos costos de mantenimiento y la larga vida útil garantizan que estos sistemas puedan otorgar grandes cantidades de energía rotatoria. Sin embargo, se debe evaluar la calidad de la energía eléctrica mediante parámetros específicos que servirán para obtener toda la información pertinente, de esta forma se podrán comparar normativas vigentes en el plano nacional e internacional para conocer el funcionamiento de los sistemas fotovoltaicos, distorsiones de voltaje y describir cualquier anomalía.[3]

PROBLEMÁTICA

En una región propensa a condiciones climáticas extremas, como tormentas de granizo, fuertes vientos y altas temperaturas, se ha instalado un gran sistema de paneles solares para generar energía renovable. Pero ha aumentado en los últimos años, los notables daños a los paneles fotovoltaicos debido a estas condiciones climáticas adversas. Esto ha llevado a una disminución en la eficiencia de generación de energía y a costosos gastos de reparación y reemplazo.[4], [5]

La problemática se centra en cómo garantizar la durabilidad y eficiencia de los paneles solares en un entorno climático desafiante, minimizando los daños causados por el granizo, los vientos fuertes y las altas temperaturas. Además, se debe abordar la protección contra otros factores climáticos como la nieve, las inundaciones y la corrosión en áreas costeras. Donde la afectación a los paneles fotovoltaicos se ve atentada por varios factores. Variabilidad en la producción debido a condiciones climáticas como nubosidad o estaciones del año, en región litoral o andina. Impacto físico por Golpes por objetos como granizo o ramas pueden dañar los paneles. Reducción de la eficiencia en climas extremadamente calurosos o por acumulación de suciedad. Desafíos en áreas remotas donde la energía solar es crucial.[6], [7]

El estudio busca abordar esta problemática a través de la recopilación de datos en múltiples ubicaciones geográficas, la monitorización en tiempo real de paneles solares en diferentes condiciones climáticas y la utilización de modelos matemáticos para comprender y predecir el comportamiento de los paneles en diversas situaciones. Esto permitirá optimizar el rendimiento de los paneles fotovoltaicos y su integración a la red eléctrica, contribuyendo al despliegue exitoso de la energía solar como fuente de energía sostenible y confiable. [8]

JUSTIFICACIÓN

Se compiló la información adecuada al construir el criterio teórico acerca de la calidad de energía que se distribuye en los sistemas fotovoltaicos. Dado así los posibles efectos siguiendo las normativas y estándares nacionales e internacionales para poder evaluar acordemente los problemas que se detectan al haber daños en los equipos y distorsión de la corriente eléctrica. Es de suma importancia analizar el comportamiento de los paneles fotovoltaicos en diferentes condiciones climatológicas de irradiación, precipitaciones, caída de partículas microscópicas, etc. Con el fin de conocer la discrepancia que se presentara en el rendimiento y eficiencia del sistema fotovoltaico ante las diversas atenuaciones de luminosidad que se presentaran bajo las diversas circunstancias ya mencionadas. [9]

Con lo cual, se pretende incrementar la eficiencia de los sistemas fotovoltaicos y así poder satisfacer una mejor fuente de energía, como futura alternativa al cambio de matriz productiva energética. [10]

Por lo que es importante conocer el funcionamiento de los sistemas fotovoltaicos con el objetivo de entrar en análisis inmediato en las cargas que reciben, es decir en las curvas de tensión y corriente. [11]

ALCANCE

Se expuso a prueba el comportamiento de los paneles fotovoltaicos en diversas condiciones climatológicas, fases del día, ángulo apropiado y niveles de irradiación bajo circunstancias como fuerte irradiación, cenizas, días nublado, y hielo (nieve) empleando los laboratorios de la Universidad. Comparando valores obtenidos a nivel regional. La ubicación óptima de una instalación solar se sugiere fundamentalmente georreferenciando una ubicación adecuada, teniendo en cuenta su comportamiento global respecto de la temperatura ambiente, geografía, demanda y población., recursos solares, niveles de producción, en función del tiempo y como una función fija y condiciones climáticas evaluando aleatoriamente los parámetros antes mencionados.

DELIMITACIÓN

Se realizó las pruebas en el panel fotovoltaico “UBICADO EN LA TERRAZA DE LA UNIVERSIDAD”, situado en el edificio E de la Universidad Politécnica Salesiana de Guayaquil (Carrera de Ingeniería eléctrica), campus Centenario. La realización del proyecto será estrictamente con fines didácticos y práctico, la ubicación se detalla en la figura 1:



Figura 1 Ubicación del sitio de implementación de proyecto,

[1]

Las siguientes secciones cubrirán los temas necesarios para comprender el estudio general de los sistemas solares fotovoltaicos, así como los factores a considerar al utilizar recursos naturales, como la temperatura ambiente, para mejorar su rendimiento.



Figura 2 Diagrama en (AutoCAD 2D) de la ubicación del módulo. [2]

BENEFICIARIOS

Con este aporte técnico se logró evaluar bajo los parámetros y condiciones climáticas que se exponen los sistemas fotovoltaicos las variables externas que recaen o que producen las diferentes condiciones climatológicas en los paneles fotovoltaicos.

Con la realización de las prácticas y ejercicios de aplicación se espera generar un valor agregado a su formación técnica e información experimental previo a un estudio de ubicación georreferenciada, mantenimiento y eficiencia de los paneles fotovoltaicos como guía a los futuros estudiantes que opten por seguir la rama de energías renovables de la carrera de ingeniería eléctrica

OBJETIVOS:

Objetivo General:

Estudiar el comportamiento de los paneles fotovoltaicos, bajo rangos climáticos en sectores con condiciones severas empleando software de simulación, para determinar la ubicación más adecuada, para ejecución al lugar a instalar

Objetivo Especifico:

- Levantamiento de valores reales, a través de pruebas a realizar en el módulo de entrenamiento solar fotovoltaico a ejecutarse en el panel fotovoltaico, durante diferentes pruebas e intervalos del día.
- Elaborar la simulación de prueba mediante el software SIMULINK, usando los datos previamente capturados, con la finalidad de sectorizar los diferentes escenarios tales como: Irradiación, Nubosidad, Lluvia, Nieve, Cenizas y suciedad.
- Revelar los resultados obtenidos mediante gráficas y tablas de los diferentes escenarios específicos, para la comparación y estudio de la ubicación adecuada para el desempeño óptimo de los paneles fotovoltaico

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

Se realizó la simulación, donde se analizó en diferentes aspectos meteorológicos de sostenibilidad, optimización y eficiencia. De acuerdo con la siguiente comparación del desempeño de los paneles solares, en función de la radiación solar de cada región, siguiendo los siguientes pasos. [12]

- Variabilidad Climática: Las condiciones climáticas varían ampliamente según la ubicación geográfica y la temporada del año. Esto afecta significativamente la cantidad y la calidad de la radiación solar incidente en los paneles, lo que a su vez influye en la producción de energía eléctrica.[13]
- Impacto de la Radiación Solar: La cantidad y el ángulo de incidencia de la radiación solar son factores determinantes en el rendimiento de los paneles solares. La radiación directa, difusa y reflejada, así como la sombra, pueden afectar la producción de energía.[13]
- Temperatura: La temperatura ambiente y la temperatura de los propios paneles fotovoltaicos influyen en su eficiencia. Los paneles pueden calentarse debido a la radiación solar, lo que puede disminuir su rendimiento.[1]
- Efectos de la Contaminación y Suciedad: La acumulación de suciedad, polvo y contaminantes en la superficie de los paneles reduce la cantidad de luz que llega a los materiales fotovoltaicos, afectando la eficiencia.[14]
- Desgaste y Envejecimiento: A lo largo del tiempo, los paneles fotovoltaicos pueden experimentar desgaste y degradación, lo que también influye en su rendimiento.
- Diseño y Orientación: La orientación y el ángulo de inclinación de los paneles, así como el diseño de la instalación, pueden optimizar su rendimiento bajo diferentes condiciones climáticas.[15]
- Almacenamiento de Energía: La generación intermitente de energía solar requiere soluciones de almacenamiento para garantizar un suministro constante de electricidad, lo que añade otra capa de complejidad al sistema.[16]

CALIDAD DE LA RADIACIÓN SOLAR

La radiación solar ya no proviene directamente del disco solar debido a los fenómenos atmosféricos y meteorológicos, lo que significa que no llega con la misma potencia que la radiación extra-atmosférica. Por lo tanto, además de esta componente unidireccional, se debe considerar la componente difusa que proviene del resto de la esfera celeste. Además, en ocasiones, el captador solar puede recibir la radiación de albedo, que es la radiación que se refleja en el suelo. La radiación directa, difusa y de albedo se combinan para producir la radiación global. Una placa solar absorberá más radiación difusa sin recoger tanta radiación directa en ciertos momentos, ya sea por el momento del año o por las condiciones meteorológicas. En comparación con la directa, este tipo de radiación generará menos cantidad de energía, ya sea eléctrica o térmica, por lo que en el caso de la eléctrica se necesitará utilizar las baterías ya cargadas o la red eléctrica como apoyo.[17]

I_{ph}	<i>fotocorriente</i>
I_{sc}	<i>Corriente de corto-circuito</i>
k_i	<i>Corriente de corto-circuito de una celda a 25°C y 1000 W/m²</i>
T	<i>temperatura de operación(k)</i>
G	<i>Irradiación solar (W/m²)</i>
q	<i>Carga de electrón ©</i>
V_{oc}	<i>Voltaje de circuito abierto (V)</i>
n	<i>Factor de diodo</i>
K	<i>Constante de Boltzmann (J/K)</i>
E_{go}	<i>Gráfico de banda de energía del semiconductor (eV)</i>
N_s	<i>Numero de celdas conectadas en serie</i>
N_p	<i>Numero de células conectadas en paralelo</i>
R_s	<i>Resistencia serie (ohms)</i>
R_{sh}	<i>Resistencia shunt (ohms)</i>

Tabla 1 Nomenclatura de los paneles solares, [2]

MODELADO MATEMÁTICO PANEL FOTOVOLTAICO

Las siguientes fórmulas describen cuantitativa la relación entre la luz incidente y la corriente generada en una celda fotovoltaica o cualquier dispositivo que utilice el efecto fotovoltaico:

$$\textbf{Fotocorriente} : I_{ph} = [I_{sc} + k_i(T - 298)] \frac{G}{1000}$$

Ecuación 1 Fotocorriente [3]

La ecuación 1 se refiere a la corriente eléctrica generada por la absorción de luz en un material fotosensible, como un semiconductor. Este fenómeno se utiliza comúnmente en dispositivos fotovoltaicos, como celdas solares.[18]

$$\textbf{Corriente de saturación} : I_0 = I_{rs} \left(\frac{T}{T_n} \right)^3 \exp \left[\frac{qE_{g0} \left(\frac{1}{T_n} - \frac{1}{T} \right)}{nK} \right]$$

Ecuación 2 Corriente de saturación [4]

La ecuación 2, indica que, para un diodo, que es un tipo de dispositivo semiconductor, la corriente de saturación se puede expresar mediante la ecuación de la ley de Shockley, que describe la corriente a través de un diodo en función de la tensión aplicada.[19]

$$\textbf{Corriente de saturación reversa} : I_{rs} = \frac{I}{e^{\left(\frac{qV_{oc}}{nN_sKT} \right)} - 1}$$

Ecuación 3 Corriente de saturación reversa [4]

La ecuación 3, describe la corriente de saturación inversa es importante en el diseño de circuitos electrónicos, especialmente en aplicaciones donde se busca minimizar la corriente de fuga inversa para mejorar la eficiencia y el rendimiento del dispositivo semiconductor.[20]

$$\textbf{Corriente Shunt} : I_{sh} = \left(\frac{V + IR_s}{R_{sh}} \right)$$

Ecuación 4 Corriente shunt, [4]

La ecuación 4 indica la relación matemática que describe la corriente que fluye a través de un resistor shunt en un circuito eléctrico. Un resistor shunt, también conocido como resistor

derivador, se utiliza comúnmente para medir corriente en circuitos eléctricos.[19]

$$\text{Corriente Fotovoltaico: } I = I_{ph} - I_0 \left[\exp\left(\frac{q(V + IR_s)}{nKN_sT}\right) - 1 \right] - I_{sh}$$

Ecuación 5 Corriente fotovoltaico, [4]

La ecuación 5 menciona la corriente eléctrica generada por la conversión de la luz solar en electricidad utilizando células fotovoltaicas. Estas células solares, también conocidos como paneles solares, están hechos de materiales semiconductores que absorben la luz solar y luego producen energía eléctrica. a través del efecto fotovoltaico.[21]

La simulación realizada en simulink de los bloques comprimido se visualiza a continuación en la figura 3:

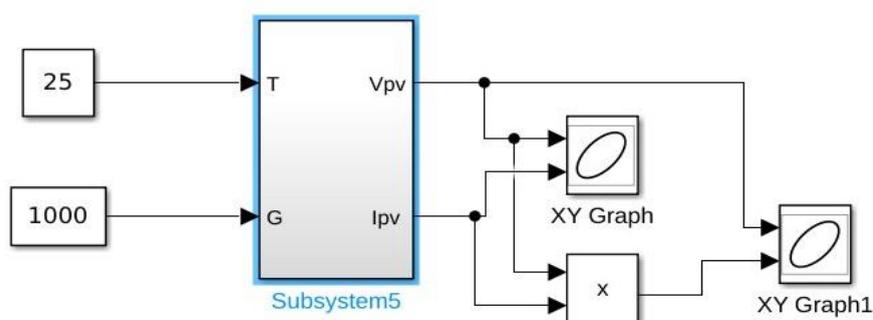


Figura 3 Conformación del modelo matemático simplificado en simulink, [5]

El módulo de entrenamiento fotovoltaico es dónde se realizó el estudio como se observa a continuación en la figura 4:



Figura 4 Módulo de entrenamiento solar fotovoltaico [6]

DISPERSIÓN

La radiación del sol se propaga en línea recta, pero los gases y partículas de la atmósfera puede transferir esta energía, lo que se llama dispersión. Cuando un fotón choca contra un obstáculo, que solo cambia la dirección de viaje del fotón sin absorción. La dispersión depende de la longitud de onda, cuanto la longitud de onda más corta implica una mayor dispersión. El tamaño relativamente pequeño de las moléculas de gas en comparación con longitud de onda provoca la dispersión de la radiación incidente en todas direcciones (hacia adelante y hacia atrás), un fenómeno llamado dispersión de Rayleigh. El tamaño del aerosol es comparable o superior a la longitud de la onda incidente de radiación, por lo que no se dispersa en todas direcciones, sino principalmente hacia adelante. Este fenómeno se llama difusión de Mie. El proceso de difusión explicó cómo se ilumina una zona sombreada o una parte sin luz solar y cómo llega hasta ella la luz o la radiación dispersas como observamos a continuación en la figura 5 : [22]

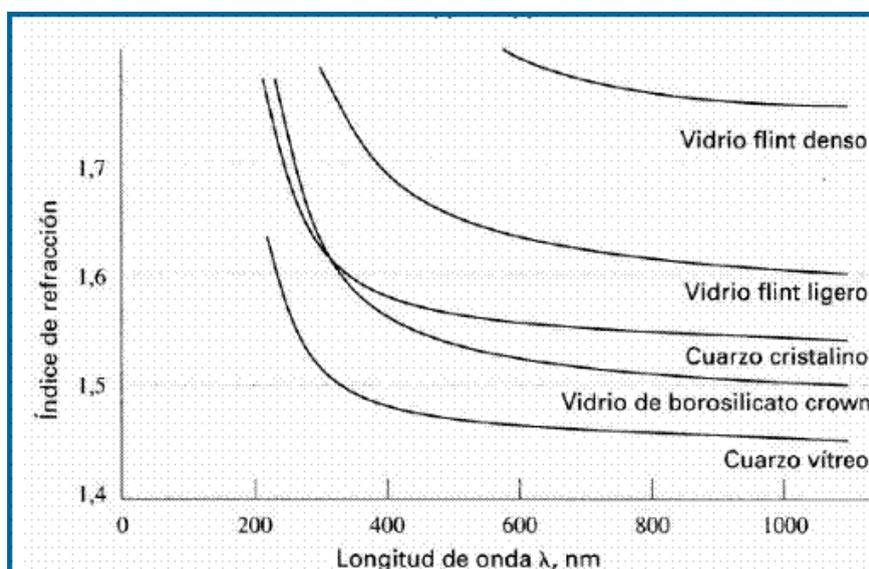


Figura 5 Índice de refracción de distintos medios en función de la longitud de onda [7]

Así, podemos afirmar que:

El ángulo de refracción de un rayo de luz al atravesar un material depende de su longitud de onda. En el caso de la dispersión de la luz, las diferentes longitudes de onda que forman el haz adoptan un ángulo de refracción ligeramente diferente.[23]

RADIACIÓN SOLAR

La medición de la radiación solar, es importante principalmente como energía alternativa en el diseño y operación de sistemas de generación de energía y agua caliente, así como en agricultura e ingeniería, etc. Con énfasis en monitoreo del crecimiento de las plantas, análisis de evaporación y el riego, la arquitectura y el diseño de edificios e infraestructuras, los efectos sobre la salud (como el cáncer de piel), los modelos de predicción del tiempo y el clima, y muchas otras aplicaciones. El sol emite energía en forma de ondas electromagnéticas, la velocidad está en el vacío. 300.000 km/s. Entonces, dado que la distancia promedio entre el Sol y la Tierra es 1 AU (unidad astronómica) = 149.800.000 km, la energía del sol tarda poco más de 8 minutos en llegar a la Tierra. La energía creada por ondas electromagnéticas tiene dos parámetros: longitud de onda λ y frecuencia ν . como vemos en la figura 6: [24]

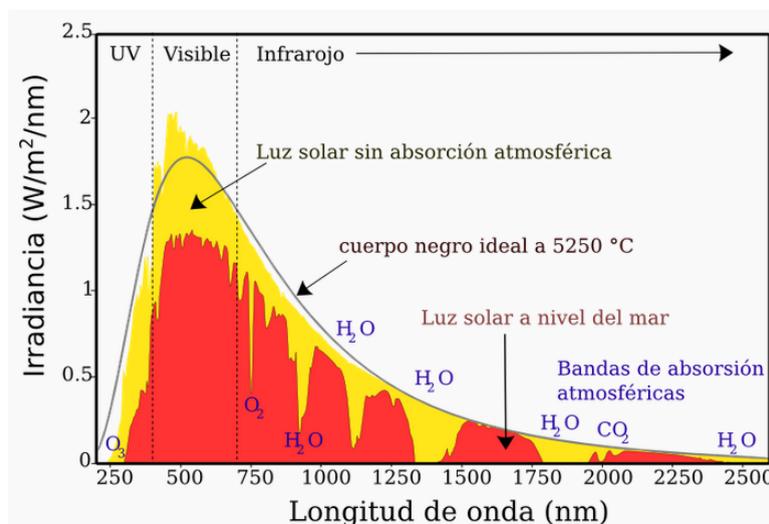


Figura 6 Espectro de la relación de solar de la tierra, [7]

LA RADIACIÓN SOLAR SOBRE UNA SUPERFICIE INCLINADA

La corriente de un módulo de células solares depende no sólo de la potencia de la luz solar, sino también del ángulo entre el módulo y el sol. Cuando la superficie absorbente es perpendicular a la luz solar, la densidad de potencia de la superficie es igual a la densidad de potencia de la luz solar (en otras palabras, cuando el módulo solar es perpendicular al sol, la densidad de potencia siempre está en su valor máximo). Sin embargo, la densidad de potencia de los módulos fotovoltaicos fijos es menor que la de la luz solar incidente debido al ángulo cambiante entre el sol y la superficie fija.[25]

La cantidad de radiación solar que incide sobre la superficie de un módulo inclinado es la componente de la radiación solar incidente perpendicular a la superficie del módulo. La siguiente figura muestra cómo calcular la radiación incidente en una superficie inclinada. (S_{modulo}) considerando la radiación solar medida sobre una superficie horizontal. ($S_{horizontal}$) o medir la radiación solar perpendicular al sol, como se visualiza en la figura siguiente: ($S_{incidente}$).[26]

Radiación directa, difusa y reflejada

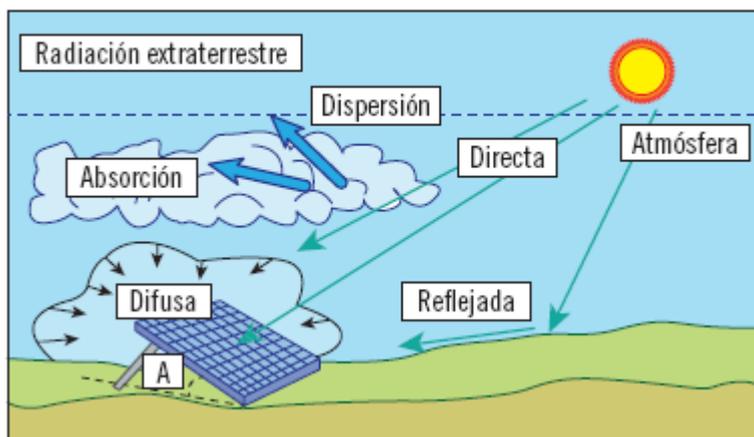


Figura 7 La animación muestra el cálculo de las distintas insolaciones. [8]

En cada caso, la longitud del vector indica la intensidad relativa de la radiación. Las ecuaciones relacionadas S_{modulo} , $S_{horizontal}$ y $S_{incidente}$ son:[19]

$$S_{horizontal} = S_{incidente} \sin \alpha$$

Ecuación 6, S (horizontal)

$$S_{modulo} = S_{incidente} \sin(\alpha + \beta)$$

Ecuación 7, S (módulo)

dónde

α : ángulo de elevación.

β : ángulo de inclinación del módulo se mide desde la dirección horizontal.

El ángulo de elevación se ha dado previamente como:[27]

$$\alpha = 90 - \phi + \delta$$

Ecuación 8, Ángulo de elevación

dónde φ es la latitud; y δ el ángulo de declinación dado como:[28]

$$\delta = 23.45^\circ \sin \left[\frac{360}{360} (284 + d) \right]$$

Ecuación 9, Latitud

Donde d es el día del año, teniendo en cuenta que desde una perspectiva matemática simple (284+d) corresponde a (d-81) utilizado anteriormente. Ambas ecuaciones se utilizan indistintamente en la literatura. A partir de estas ecuaciones se pueden obtener las siguientes correlaciones: S_{modulo} y $S_{horizontal}$ se puede determinar cómo:[10]

$$S_{modulo} = \frac{S_{horizontal} \sin(\alpha + \beta)}{\sin \alpha}$$

Ecuación 10, S(módulo)

Las ecuaciones activas siguientes muestran el cálculo del incidente y la radiación solar horizontal y que en el módulo. Ingrese sólo uno de S_{modulo} , $S_{horizontal}$ and $S_{incidente}$ y el programa calculará los demás. [29]

PANELES FOTOVOLTAICOS DIFERENCIAS DE MATERIALES

Los paneles solares monocristalinos constan de células de silicio monocristalinas y tienen mayor eficiencia y rendimiento que los paneles solares policristalinos, lo que significa que producen más energía con la misma cantidad de luz solar. Además, los paneles solares monocristalinos suelen ser más duraderos que los policristalinos y tienen mayor resistencia a las sombras y al viento. Esto significa que requieren menos mantenimiento a largo plazo y es menos probable que los paneles monocristalinos se degraden con el tiempo, que es una de las principales diferencias con los paneles policristalinos.[27]

Los paneles solares monocristalinos constan de células de silicio monocristalinas y tienen mayor eficiencia y rendimiento que los paneles solares policristalinos, lo que significa que producen más energía con la misma cantidad de luz solar. Además, los paneles solares monocristalinos suelen ser más duraderos que los policristalinos y tienen mayor resistencia a las sombras y al viento.[30]

Los paneles solares policristalinos están formados por células con varias partículas de silicio cristalino. La mayor diferencia y ventaja respecto a los paneles solares monocristalinos es el precio. [13]

DISTRIBUCIÓN ESPECTRAL DE LA RADIACIÓN SOLAR

La energía solar toma la forma de radiación electromagnética. Esta radiación consiste en ondas creadas por cargas eléctricas que vibran o se aceleran. Sorprendentemente, estas ondas electromagnéticas no requieren un medio físico para propagarse, lo que les permite viajar a través del espacio interplanetario e interestelar desde el Sol y otras estrellas hasta la Tierra. La relación entre la longitud de onda (λ) y la frecuencia (ν) de estas ondas, expresada como $\nu = C$ (donde C es la velocidad de la luz), es crucial para determinar sus propiedades como la energía, la visibilidad y la transmitancia. Independientemente de la frecuencia o longitud de onda, todas las ondas electromagnéticas viajan a la misma velocidad en el vacío, representada por $C = 299,792$ km/s. Tanto el extremo inferior como el superior del espectro electromagnético no tienen límites claramente definidos. La energía de la partícula más pequeña emitida (llamada fotón) es inversamente proporcional a su longitud de onda: A medida que la longitud de onda disminuye, la energía del fotón aumenta. En resumen, a menor longitud de onda se corresponde con un mayor nivel de energía como podemos visualizar en la figura 8: [23]

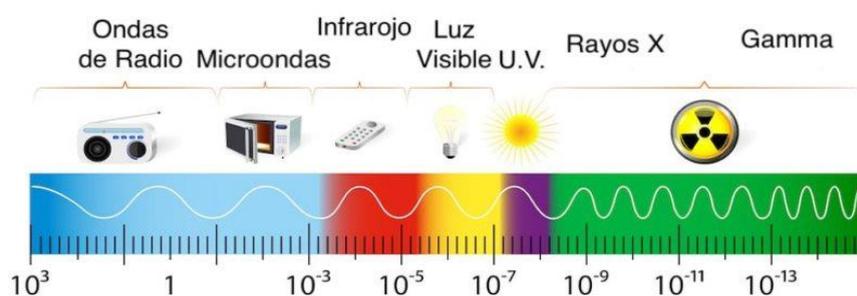


Figura 8 Espectro electromagnético, [9]

ATLAS SOLAR GLOBAL: Es la aplicación que usaremos en línea que nos muestra datos en tiempo real captado durante el intervalo del día, que tomaremos para la obtención de los valores de radiación global de diferentes ciudades, que elegimos bajo estudios previos para el proyecto, a continuación, se observa el Atlas Solar por continente como se visualiza en las figuras 10, 11, 12: [31], [32]

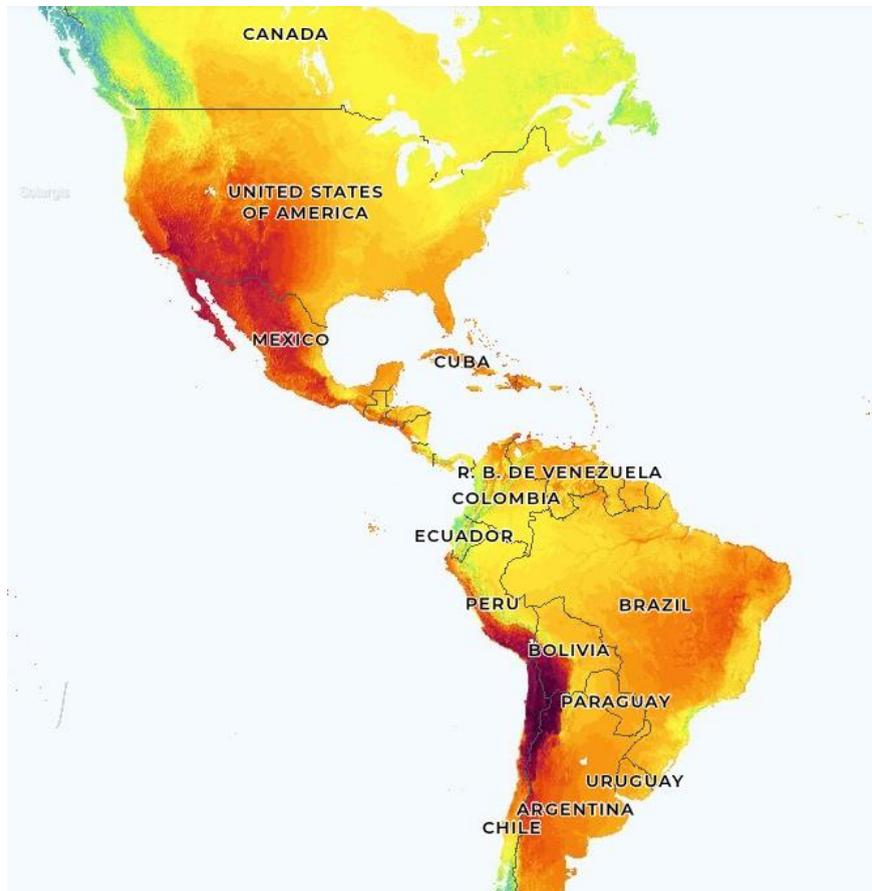


Figura 9 Mapa solar de américa, [10]

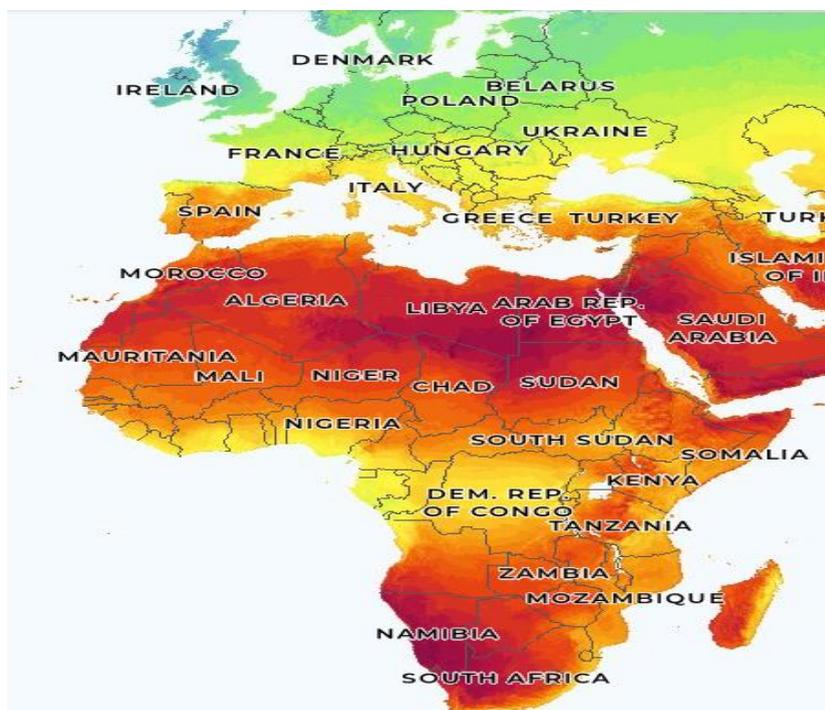


Figura 10 Mapa solar de europa y áfrica, [10]

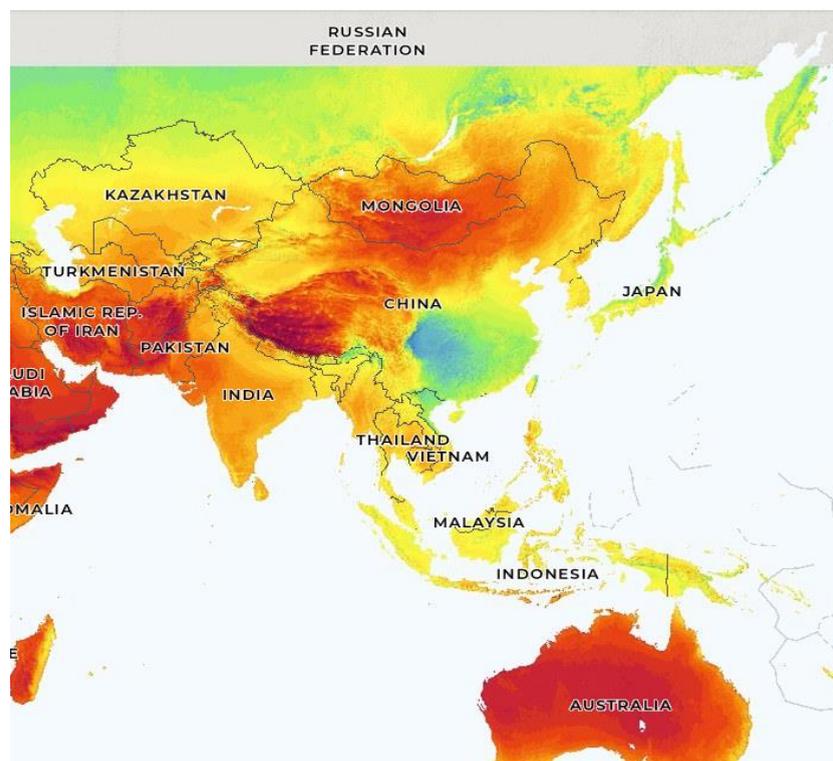


Figura 11 Mapa solar de asia y oceania, [10]

MARCO METODOLOGICO

Al recopilar diversas variables, datos o información histórica relacionada con un fenómeno determinado, la capacidad de proporcionar información oportuna a partir de los datos recopilados es esencial para comunicar los resultados esperados. A pesar de encontrar las fuentes de la información recopilada en la encuesta, a menudo hay errores que se pasan por alto. La incertidumbre, la inconsistencia, los datos faltantes, el sesgo de medición, los factores desconocidos no identificados a tiempo y otros factores pueden llevar a decisiones incorrectas, lo que resulta en pérdidas financieras, mal uso de recursos u oportunidades de optimización desperdiciadas.

Pruebas en el laboratorio

- Se descargó los datos de temperatura, humedad, mediante el *ambient weather*, usando una tarjeta de memoria conectada al programa por acceso inalámbrico al sensor.
- Realizar la prueba en el módulo de entrenamiento solar fotovoltaico del laboratorio conectado al programa de acceso por bluetooth a la App **VictronConnect**.
- Obtención de datos de corriente, voltaje, potencia de dicho modulo usando la App **VictronConnect**.
- Proceder a la simulación en el software, hipotéticamente simulando un día de fuerte irradiación.

Pruebas en terraza

- Recopilar valores reales mediante el uso del panel fotovoltaico en la terraza de edificio.
- Analizar diferentes fases de radiación de voltaje y corriente en diferentes etapas del día.
- Comparar valores propios con muestras ya obtenidas en zonas andina, insular y amazónica
- Llevar a la simulación en el programa de simulink con los datos recopilados.
- Analizar y comparar qué lugar sería el más adecuado para un mejor desempeño con los valores obtenidos, mediante las Gráficas de datos preliminares de voltaje, corriente del panel fotovoltaico de la cantidad de muestras realizadas.
- Plantear conclusiones generales de los resultados comparados.

Para las diferentes pruebas, nos serviremos del módulo de entrenamiento solar ubicado en el laboratorio de generación cuya conexión es alámbrica al panel fotovoltaico ubicado en la terraza, donde se realizaron las simulaciones, como visualizamos la figura 12.



Figura 12 Módulo de entrenamiento solar fotovoltaico, [6]

El procedimiento de conexión que se realizó en el módulo de entrenamiento solar fotovoltaico para llevar a cabo las pruebas, que se encuentra conectado junto al panel fotovoltaico de 300W son las siguientes:



Figura 13 Breaker principal, [6]

La entrada de la fase y neutro que provienen directamente desde el panel fotovoltaico ubicado en la terraza son conectados en la entrada de energía que está protegido por el breaker principal, que controla al módulo, como se visualiza en la figura 13.



Figura 14 Controlador pwm y controlador mppt, [6]

La salida de la energía proveniente del breaker principal es conectado al Controlador MPPT en donde este dispositivo será el encargado de hacer la función de controlar la carga que se Utilice para regular la cantidad de energía eléctrica que se suministra de la batería, es decir que ampliara el voltaje del módulo fotovoltaico, además nos facilitara la conexión vía bluetooth de manera inalámbrica a la aplicación del “VictronConnect”, para visualizar el comportamiento de los y progreso de la potencia, corriente, y voltaje en tiempo real de lo que recibe el panel fotovoltaico, como observamos en la figura 15.



Figura 15 Baterías

Se conectó a la salida del controlador de MPPT, estará conectado a la batería donde será la encargada de almacenar la energía y el que dará energía al módulo de entrenamiento fotovoltaico, además dependerá de la potencia del panel lo que determinará el tipo de voltaje en la batería, como observamos en la figura 15



Figura 16 Inversor aislado, [6]

El controlador mppt se conectó al inversor aislado que el cual tendrá la función determinante de la instalación fotovoltaica en convertir la energía CC de los paneles, en energía en AC que se puede consumir, como se observa en la figura 16.



Figura 17 Protecciones, [6]

se conectó opcionalmente al panel de cargas capacitivas donde se encuentra el display y el puerto de tomacorriente esto con el fin para ver el comportamiento de voltaje potencia y corriente suministrada por la batería. Esta conexión proveniente de aislador y del controlador mppt, prosiguió al compartimiento de las protecciones de la alimentación en AC esto con el fin de salvaguardar o proteger a las cargas que estén conectadas, como visualizamos en la figura 17.



Figura 18 Cargas (luminarias), [6]

Se conectó a la salida de las protecciones estará conectada las o la carga que será la encargada de percibir la energía que se haya almacenado en la batería proveniente del panel fotovoltaico para dicha alimentación, como se observa en la figura 18.

Para visualizar las pruebas realizadas en el laboratorio de generación dirigirse a los **anexos 9**: de las pruebas realizadas en el módulo de entrenamiento fotovoltaico.

VICTRONCONNECT

Para la obtención de los valores en tiempo real usaremos el programa conexión bluetooth “VictronConnect”, las pruebas que se realizaron en el panel fotovoltaico de 300 w que se encuentra en la terraza del edificio E, fueron hechas durante diferentes etapas del día y simulando las circunstancias de diferentes climas y temperatura, con el objetivo de obtener valores como antecedentes a llevar a cabo la simulación, a continuación, se observa en la figura 19 el logotipo de la aplicación:



Figura 19 Victronconnect, [6]

Se usó el ambient-weather para las recopilaciones de los valores en tiempo real de los cuales destaca, ángulo solar, control de lluvias, humedad, medición de la radiación solar (W/m^2), temperatura, estos dos últimos parámetros serán los que destaquen, ya que serán los que determinen la potencia, corriente y voltaje del panel fotovoltaico, como observamos en la figura 20:



Figura 20 Ambient-weather, [6]

Día 17 de octubre: Simulación de día nublado, con el panel fotovoltaico sucio, (figura 22), con una irradiación $314 w/m^2$ y con una temperatura $27^{\circ}C$ (figura 23). Las pruebas realizadas en el panel fotovoltaico recopiló los datos bajo condiciones precarias, sin ninguna limpieza previa, con una potencia de 48 W como se muestra en la figura 48.



Figura 21 Captura del victronconnect 1, [11]



Figura 22 Panel fotovoltaico, [6]



Figura 23 Pantalla del ambient weather en tiempo real día nublado, [6]

Día 20 de octubre: Simulación de día soleado, con el panel fotovoltaico sucio, (figura 25) con una irradiación $626,7 \text{ w/m}^2$ y una temperatura 27°C . Las pruebas se realizaron el panel fotovoltaico bajo una capa de polvo encima de las micro células en un día soleado, recopilando datos en el victronconnect y dándonos una potencia de 401 W como se muestra en la figura 24.



Figura 24 Captura del victronconnect 2, [11]

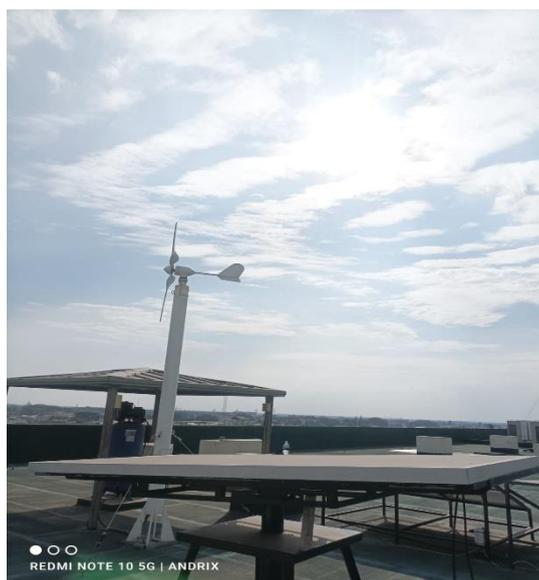


Figura 25 Dia soleado, [6]



Figura 26 Ambient weather en tiempo real dia soleado, [6]

Día 24 de octubre: Simulación de tarde parcialmente soleada, hora (16:32 pm) soleado, con el panel fotovoltaico limpio (figura 28), con una irradiación $626,7 \text{ w/m}^2$ y temperatura 27°C (figura 29). Los datos recopilados en el victronconnect se realizaron con el panel en condiciones aseadas, con una potencia de 13 W, como se muestra en la figura 27.



Figura 27 Captura del victronconnect 3, [11]



Figura 28 Tarde soleada, [6]



Figura 29 Ambient weather en tiempo real de tarde soleada, [6]

Día 16 de noviembre: Simulación de caída de cenizas sobre el panel fotovoltaico, usando una capa de cemento en polvo (figura 6), hora (15:50 pm) soleado, con una irradiación $345,5 \text{ w/m}^2$ y una temperatura $38,5 \text{ }^\circ\text{C}$ (figura 32). Para esta prueba se realizó la simulación de cenizas, se observa los datos de potencia en el victronconnect dándonos una potencia de 6 W, como se visualiza en la figura 30.



Figura 30 Captura del victronconnect 4, [11]



Figura 31 Panel fotovoltaico prueba de cenizas, [6]



Figura 32 Ambient weather en tiempo real de tarde soleada con prueba de cenizas, [6]

Día 5 de diciembre: Simulación de caída de nieve, se usó hielo en porciones pequeñas cubriendo el panel fotovoltaico (figura 34), hora (16:30 pm) soleado, con una irradiación $108,5 \text{ w/m}^2$ y una temperatura $27,7 \text{ }^\circ\text{C}$ (figura 35), para esta simulación se recopiló valores usando la prueba de nieve, donde el victronconnect nos dio una potencia de 5 W, como se muestra en la figura 33.



Figura 33 Captura victronconnect 5, [11]



Figura 34 Prueba nieve (hielo) sobre el panel fotovoltaico, [6]

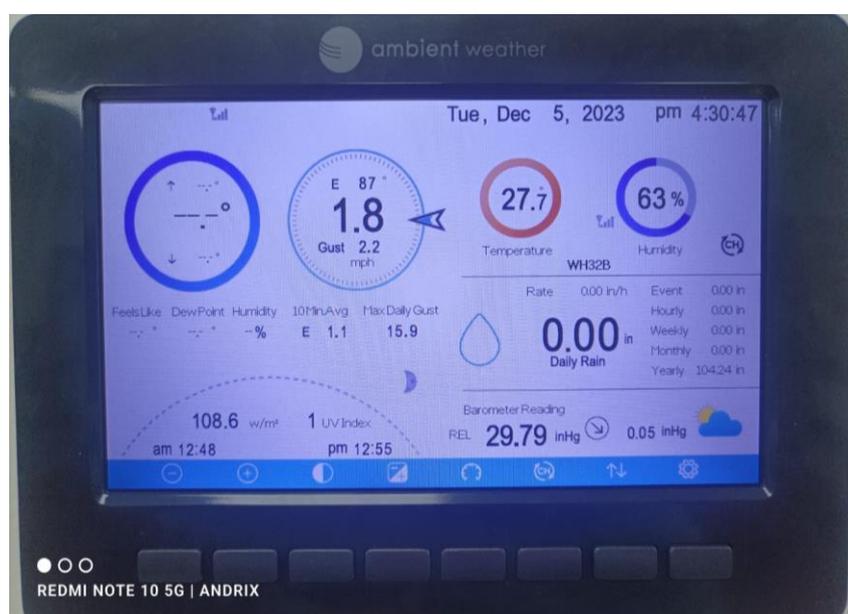


Figura 35 Ambient weather en tiempo real de tarde nublada (nieve), [6]

Para la siguiente simulación utilizaremos el software simulink en dónde emplearemos los siguientes bloques de programación que se muestra con los pasos de la descripción a continuación:

Se uso el valor de la constante para ingresar los valores al sistema del panel fotovoltaico en este caso usaremos dos que representarán a la irradiación y a la temperatura de manera individual ambas ingresando al sistema pvarray, el cual se visualiza a continuación en la figura 36:

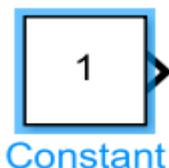


Figura 36 Simulink constante, [5]

El sistema del panel fotovoltaico es representado en simulink por el PV array en donde los dos valores de ingreso la irradiación y la temperatura con valores de salida o parámetros de salida donde marcan la medición la salida del voltaje y la y la corriente y compuestos a conexión adicional. Para la configuración del sistema del panel fotovoltaico es necesario ingresar al sistema ubicándonos en la parte de esta elección al panel a estudiar en este caso usaremos un panel de 300 vatios o 350 vatios ya que el panel fotovoltaico que está en la Universidad es de un valor nominal de 300 vatios, el cual se visualiza a continuación en la figura 37:

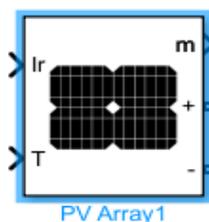


Figura 37 Pv array, [5]

El bloque powergui lo necesitaremos, el bloque para simular cualquier modelo de simulink ya sea en una solución factorial continua o discreta para iniciar magnético esto lo usaremos o lo veremos reflejado no al momento visualizar las gráficas tanto en potencia corriente y voltaje, el cual se visualiza a continuación en la figura 38:



Figura 38 Powergui, [5]

Se conectó el diodo paralelamente a los circuitos de medición de voltaje y medición de la corriente, en donde haremos un valor de una resistencia 1 en donde el bloque del diodo no puede conectarse en series a un inductor, como se observa en la figura 39:

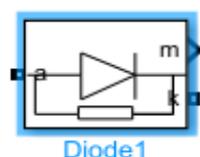


Figura 39 Diodo, [5]

Bloque de display fue conectado tanto en el panel fotovoltaico OA la salida de los valores de la potencia corriente y voltaje que serán de gran ayuda para demostrar de manera gráfica las señales que orbitan en el transcurso del tiempo por favor será un tanto numérico o gráfico dependiendo donde esté conectada, a continuación, se observa en la figura 40:

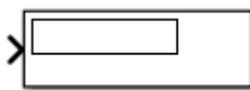


Figura 40 Display, [5]

La conexión al puerto estuvo conectada tanto a la salida del panel fotovoltaico junto al medidor de voltaje y a al medidor de la corriente donde es una conexión central que transfiere una señal física o señal a través de los diferentes subsistemas, estas conexiones físicas incluyen conexiones de conserva conservación y conexiones de marco entre otros, a continuación, se observa en la figura 41:



Figura 41 Puerto de conexión, [5]

El medidor de la corriente fue instalado junto a la salida del panel fotovoltaico donde determinarán los valores que queremos visualizar y posteriormente a una visualización gráfica.

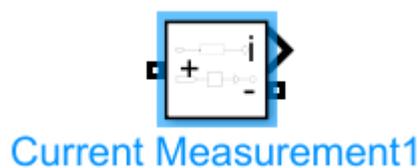


Figura 42 Medidor de corriente, [5]

El medidor de voltaje al igual que el medidor de la corriente irá conectado a la salida del panel fotovoltaico esto para visualizar ciertos valores de voltaje junto a panel fotovoltaico donde nos darán señales posteriormente a una conexión gráfica, como se observa en la figura 43:

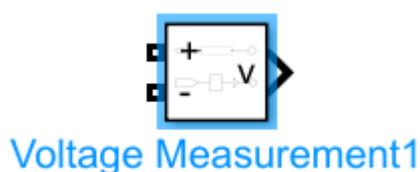


Figura 43 Medidor de voltaje, [5]

Conectaremos un controlador de fuente de tensión controlada en donde será a la salida del medidor del voltaje para así iniciar la simulación en estado estacionario esta entrada nos permite conectarnos a una señal que dice la simulación como una forma de onda sinusoidal o de corriente continua que se corresponda con los valores iniciales, como observamos en la figura 44:

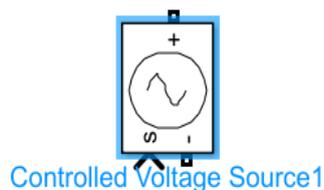


Figura 44 Controlador de voltaje, [5]

Se conectó el bloque de rampa a la salida del controlador del voltaje para así expresar una señal con valor número 1 inicial esto para enviar una señal al display, como se observa en la figura 45:

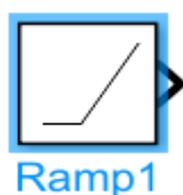


Figura 45 Rampa, [5]

El bloque del producto nos ayudará a la multiplicación de los bloques de medición de corriente y voltaje ambas señales estarán al ingreso del bloque del producto para así a la salida demostrar de manera numérica física o gráfica el valor de la potencia, como lo observamos en la figura 46:



Figura 46 Producto, [5]

Usaremos el área de trabajo donde estará conectada a la salida de los bloques de potencia, voltaje, de corriente donde se almacenará los datos durante la simulación, como esta en la figura 47:

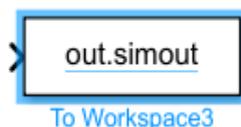


Figura 47 Área de trabajo, [5]

El bloque Goto nos mostró resultados de la información o de la señal que será transmitida a través de la colección donde deseemos visualizar nuestros datos, justamente simulando en este caso irán conectadas 3 de forma independientes justo antes de la salida del “to workspace” respectivamente a la potencia, voltaje, corriente. Esto para determinar una señal de salida a una señal de entrada a la visualización de la gráfica que serán proyectadas en el scope, como se detalla en la figura 48:

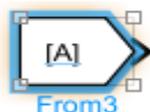


Figura 48 Bloque goto

Para visualizar las gráficas se usó el “bloque scope” conectados a las 3 diferentes señales de potencia, corriente y voltaje que a su vez están conectadas respectivamente al display para visualizar los datos de los 3 parámetros. Donde se podrá apreciar la señal independiente en diferentes escalas de la pendiente de acuerdo con los valores constantes ingresados al panel, como se visualiza en la figura 49:



Figura 49 Scope, [5]

Parte de las conexiones de la simulación del software de simulink (Matlab), con la siguiente programación:

1.- Entrada de valores constantes de irradiancia y temperatura al panel fotovoltaico con un tiempo de discretización de 30×10^{-6} de ejecución.

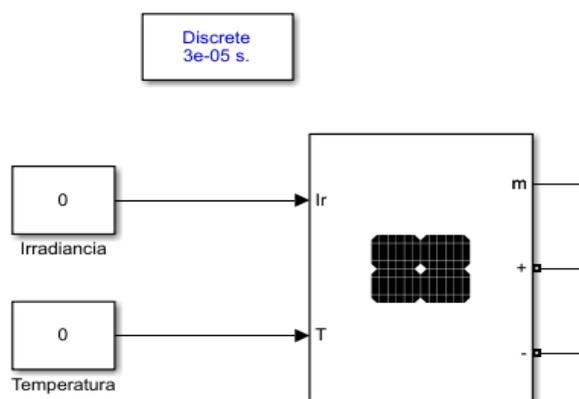


Figura 50 Parte de la simulación con panel fotovoltaico, [5]

2.- Salida de los valores en el display y usando el diodo como resistencia y los puertos de salida para una señal física.

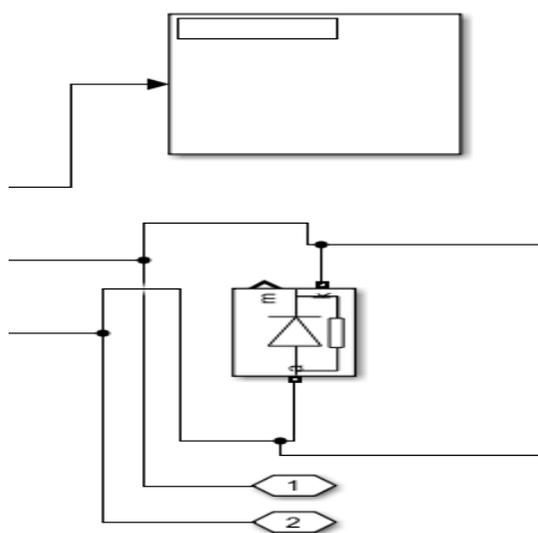


Figura 51 Parte 2 de la simulación con display, diodo y puertos de conexión, [5]

3.- El medidor de voltaje y corriente fueron los encargados de controlar y receptor la energía recibida hacia el producto de ambos, el valor de la rampa será el inicio de la gráfica recibido por el controlador de fuente de tensión.

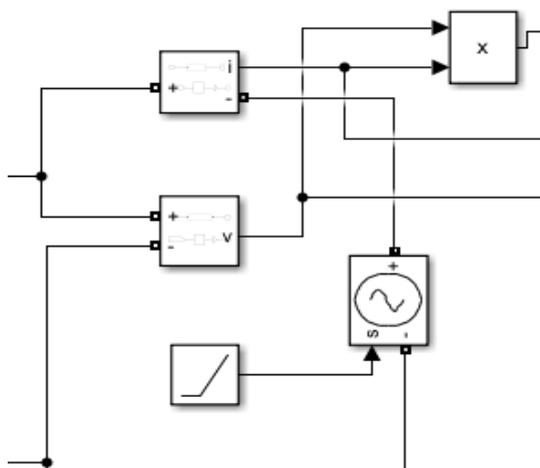


Figura 52 Parte 3 de la simulación con medidor de corriente y voltaje junto a la rampa, [5]

4.- Los valores o datos de potencia, voltaje y corriente serán guardados en los bloques de salida, que luego serán transmitidos como señal al bloque goto.

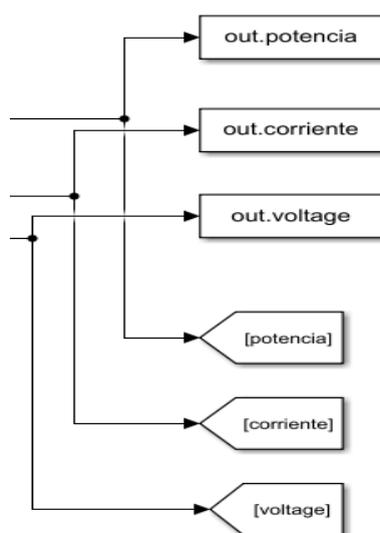


Figura 53 Parte 4 de la simulación, [5]

5.- Para extrapolar los datos usaremos los valores transmitidos por los bloques goto hacia el display para visualizar los valores numéricos y hacia el bloque scope para visibilizar el comportamiento de la señal.

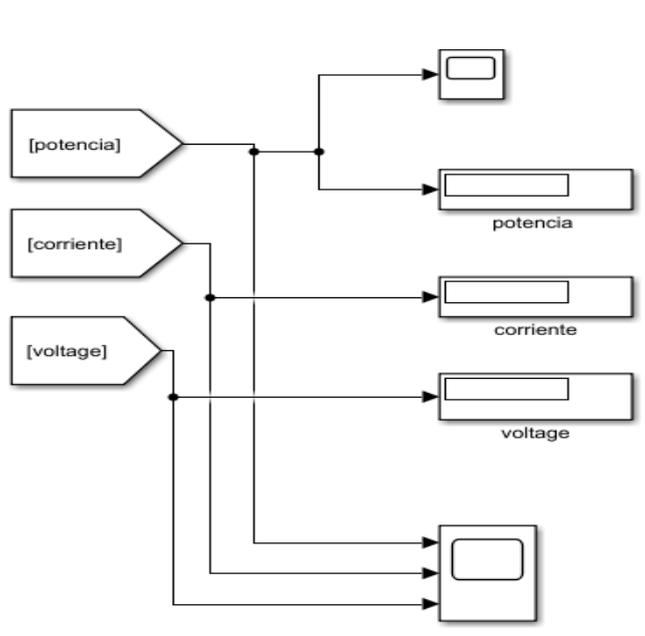


Figura 54 Parte final de la simulación con los resultados. [5]

La simulación completa se encontrará en la sección de anexos 10: bloques de simulación completa

TEMPERATURA GLOBAL

El término temperatura promedio global se refiere a la temperatura promedio de la atmósfera de la Tierra, generalmente sus niveles superficiales más altos. Para la realización del estudio tomaremos como referencia a diferentes mediciones de distintas ciudades que se consideran con un clima extremo (soleada, lluviosa, nublada, nieve) y de igual manera se considera a ciudades dentro del mapa local. Esto con el fin de una comparación del lugar con mejor ubicación georreferenciada a determinar el mejor desempeño más óptimo, de los paneles fotovoltaicos, a fin de las prácticas ejecutadas en tiempo real, como se observa en las tablas 2, 3, 4, 5, que se muestran a continuación:

Ciudades	Países	Temperatura promedio diaria [°C]		Radiación global promedio (kW/m ² *día)
Lluviosos				
		Minima	Maxima	
Mawsynram	India	18	24	4.325
Cherrapunji	India	17	23	3.024
Tutunendo	Colombia	21	30	2.133
Darien	Panamá	17.2	35.5	3.015
San Antonio de Ureca	Guinea Ecuatorial	16	18	1.648
Debundscha	Camerún	25	29	1.877
Big Bog	Hawái	14	25	2.695
Monte Waialeale	Hawái	24	29	2.292
Pu'u Kukui	Hawai	18	28	2.888
Yakushima	Japón	14	27	2.476
Buenaventura	Colombia	25	32	2.301
Manizales	Colombia	20	23	2.990
Mikomeseng	Guinea Equatorial	21	30	2.572
San Vito	Costa rica	24	27	3.235
Hilo	Hawái	21	28	3.372
Vancouver	Canada	19	27	3.791
Amsterdam	Países Bajos	9	20	2.534
Helsinki	Finlandia	2	17	2.981
Copenhague	Dinamarca	13,5	18	2.772

Tabla 2 Datos de ciudades lluviosas, [2]

Soleado				
Tucson	Estados Unidos	16	36	7.688
Fortaleza	Brazil	28	36	5.324
Las Vegas	Estados Unidos	27,8	35	7.514
El Cairo	Egipto	19	35	5.578
Los Angeles	Estados Unidos	19	32	6.336
Tabuk	Arabia Saudita	28	34	7.413
Puerto Estrella	Colombia	29	32	5.863
Arequipa	Peru	13	26	7.507
Tacna	Peru	15,2	25	5.829
Iquique	Chile	19	24	5.661
Sao Paulo	Brazil	27	36	3.704
Cancun	Mexico	17	35	5.279
Ciudad Mexico	Mexico	13,4	30,3	5.621
Malaga	España	13	29	5.495
Barcelona	España	20,7	28,4	4.753
Alicante	España	10,9	32	5.227
Lisboa	Portugal	19	36	5.200
Salvador	El Salvador	20	35	5.444
Johanesburgo	Sudáfrica	17	27	5.862
Darwin	Australia	30	33	5.532

Tabla 3 Datos de ciudades soleadas, [2]

		Nublado		
Lima	Perù	14,2	21,8	2.926
Londres	Inglaterra	15	23	2.417
Manaos	Brazil	25	33	3.508
Juneau	Alaska	-4	13	704.7
Hamburgo	Alemania	2	22	902.2

Tabla 4 Datos de ciudades nubladas, [2]

		Nieve		
Sapporo	Japón	8	12	1.730
Toyama	Japón	5	10	1.857
Aomori	Japón	7	11	1.806
St. John's	Cànada	1	3	1.551
Quebec	Cànada	-12,5	19	1.496
Syracuse	Estados Unidos	-3	8	1.646
Saguenay	Canadá	0	-9	1.478
Akita	Japón	5	16	1.814
Búfalo	Estados Unidos	6	9	1.609
Nome	Alaska	-12	-9	1.513
Montpelier	Estados Unidos	-1	4	1.585
Pittsburg	Estados Unidos	3	9	1.716
Berlin	Alemania	0	11	1.540
San Petersburgo	Rusia	-2	-7	1.292
Ekaterimburgo	Rusia	-3	-12	1.382

Tabla 5 Datos de ciudades con mayor caída de nieve, [2]

Para visualizar los datos completos de las ciudades se encontrarán en la sección de anexos 11: datos generales de las ciudades.

TEMPERATURA LOCAL

Las temperaturas promedio registradas en cada región de las áreas seleccionadas de las siguientes provincias del Ecuador. El criterio de selección para la elaboración de los datos se basa en las restricciones del primer capítulo de este documento, básicamente se debe seleccionar la sede de cada provincia por región, el clima seleccionado es frío, la temperatura es baja, el índice de radiación variable es de alta, la energía solar es la de temperatura más baja durante todo el año y la de mayor presencia en la industria, buscando las zonas con menor temperatura registrada y usando sus divisiones políticas, podemos clasificar qué zonas de la provincia pueden ayudar a bajar la temperatura superficial de los paneles solares y así reducir la pérdida de calor acumulada de los paneles solares. A continuación, se observa la escala de temperatura media en el territorio nacional.

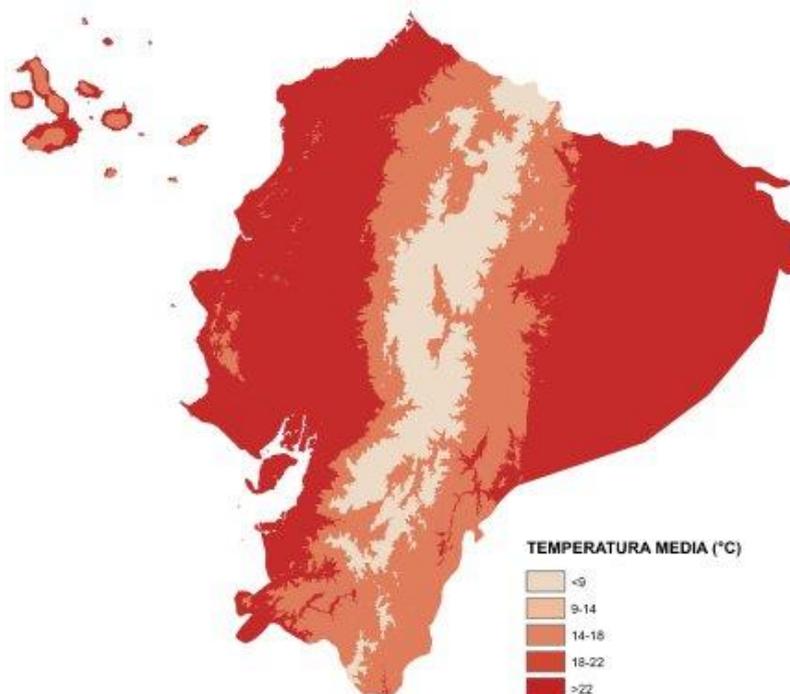


Figura 55 Mapa del Ecuador de la temperatura media

Como se mencionó anteriormente, el siguiente paso es buscar un área y seleccionar el área con el mayor registro de radiación solar disponible y finalmente considerar el nivel de nubosidad en el área seleccionada como se muestra en las siguientes tablas 6, 7, 8, 9.

Región Sierra				
Pedro Moncayo	Pichincha-Ecuador	10	20	5.471
Mejía	Pichincha-Ecuador	8	19	5.103
Cayambe	Pichincha-Ecuador	10	20	5.316
Pedro Vicente Maldonado	Pichincha-Ecuador	16	25	3.582
Puerto Quito	Pichincha-Ecuador	17	27	3.704
Chordeleg	Azuay-Ecuador	7	17	4.615
Pucara	Azuay-Ecuador	12	17	4.893
El Pan	Azuay-Ecuador	12	25	4.571
Nabón	Azuay-Ecuador	7	17	5.067
Camilo Ponce	Azuay-Ecuador	19	29	3.754

Tabla 6 Datos de la sierra, [2]

Región costa				
Guayaquil	Guayas	21	31	2.588
Colimes	Guayas	21	33	2.412
Santa Lucia	Guayas	20	33	2.681
Bucay	Guayas	21	30	1.546
Tenguel	Guayas	26	28	2.003
Olòn	Snta Elena	22	26	2.634
Salinas	Snta Elena	22	26	3.216
Manta	Manabi	26	28	2.728
Portoviejo	Manabi	29	30	2.280
Quininde	Esmeraldas	22	28	1.664

Tabla 7 Datos de la costa, [2]

Región Amazónica				
EL Coca	Orellana	23	25	2.830
Tena	Napo	28	31	2.904
Nueva Loja	Sucumbíos	26	31	2.767
Macas	Morona Santiago	20	22	2.689
Zamora	Zamora Chinchi	17	24	1.954

Tabla 8 Datos de la amazonia, [2]

Región Insular				
Puerto Baquerizo	Galápagos	25	29	4.412

Tabla 9 Dato Insular, [2]

Para visualizar los datos completos de las ciudades locales se encontrarán en la sección de anexos 11: datos generales de las ciudades.

RESULTADOS

En este apartado se presenta el promedio de manera proporcional global, el resultado de los lugares seleccionados. En base a los porcentajes más factibles y óptimos el análisis a la previa instalación o implementación de los paneles fotovoltaicos, para su mejor desempeño, eficiencia y vida útil. Los datos ingresados (temperatura e irradiancia) de las distintas ciudades se pudo llegar a los resultados en base a la simulación donde se observa el comportamiento de manera cuantitativa los valores de potencia, de acuerdo con la ubicación en la que se encuentre, demostrando el sector de mayor de potencia que suministrara energía, como observamos a continuación en la figura 56:

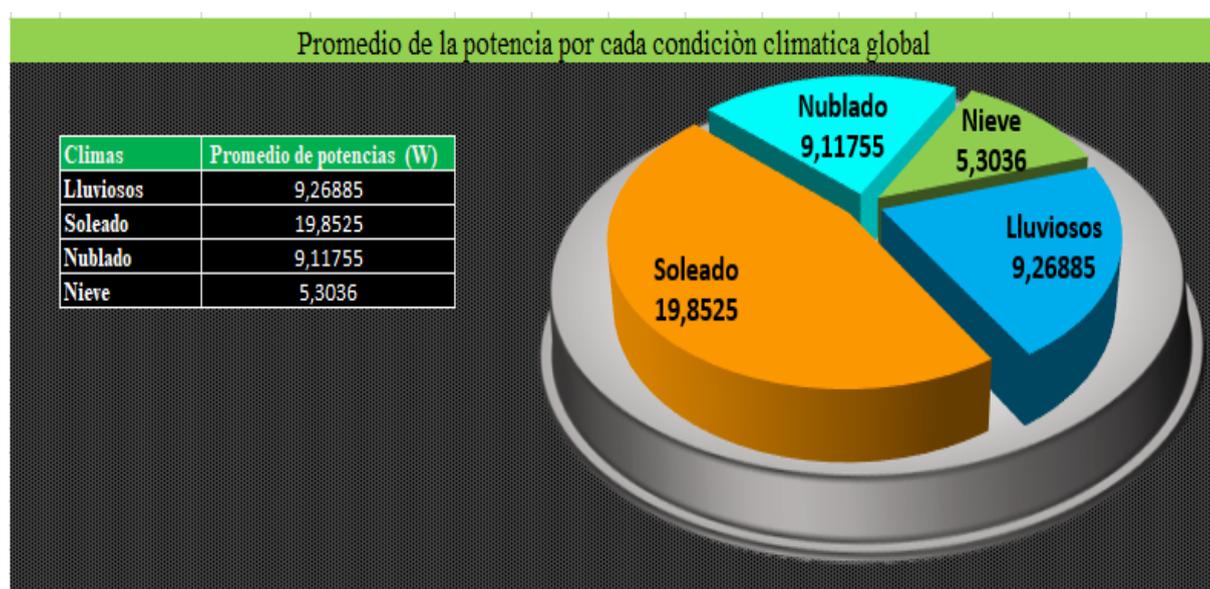


Figura 56 proporción y resultados generales de los resultados, [2]

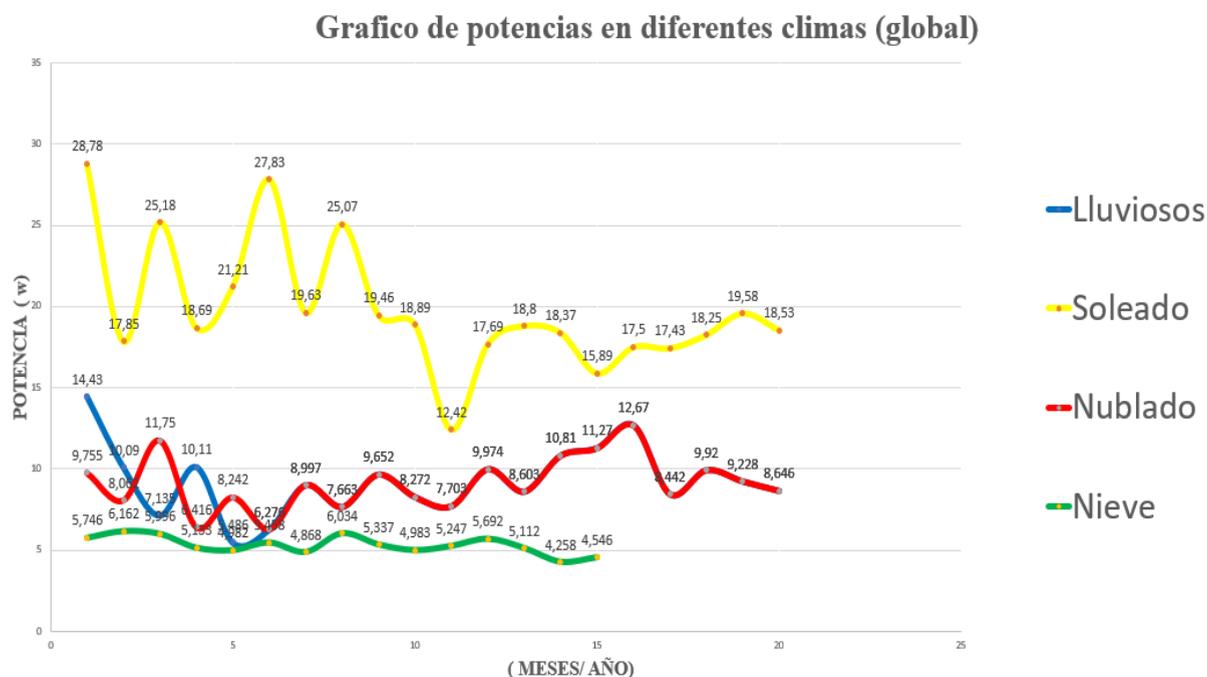


Figura 57 Grafico de comparación de potencias, [2]

En la figura 57 se representa de manera gráfica, la tendencia de los valores altos y bajos de proveer energía de los paneles fotovoltaicos, de los sectores seleccionados donde se podría instalar sistemas fotovoltaicos priorizando los atributos o lugares mencionados con los datos anteriores, de manera que se aproveche el recurso climático (soleado, nublado, lluvia, bajas temperaturas ambiente) en el rendimiento general y la vida útil de los sistemas en general. Para lo cual se realiza una representación detallada de la región sierra del Ecuador subdividida en provincias y sus respectivos cantones.

El rendimiento que suministra un panel fotovoltaico de 300 W se verá en los porcentajes siguientes, decir donde habrá un mayor desempeño, a los sectores seleccionados como se muestra a continuación:

Soleado = 44.11 %

Nublado = 20,70%

Nieve = 12.04 %

Lluvioso = 21.04 %

Para visualizar los datos y gráficas completas se encontrarán en la sección de anexos 1: simulación con clima lluvioso, anexo 2: simulación con clima soleado, anexo 3: simulación con clima nublado, anexo 4: simulación con clima de nieve.

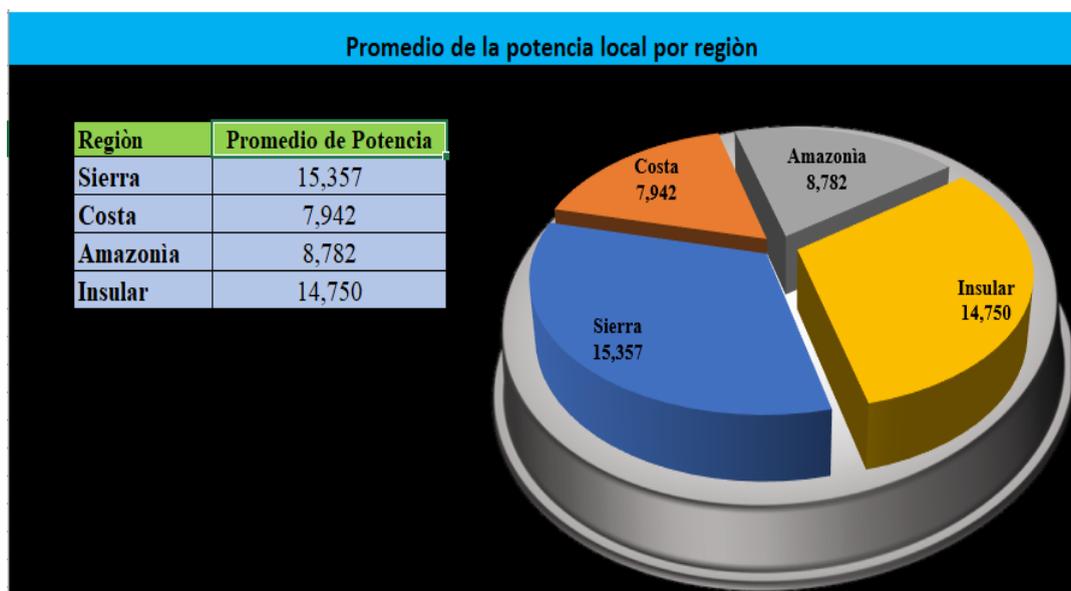


Figura 58 Proporción y resultados generales de los resultados (local)

Se presenta en la figura 58 el promedio de manera proporcional a las regiones del Ecuador, el resultado de los lugares seleccionados. En base a los porcentajes más factibles y óptimos el análisis a la previa instalación o implementación de los paneles fotovoltaicos, para su mejor desempeño, eficiencia y vida útil. Ingresados los datos (temperatura e irradiancia) de las distintas ciudades, se logró los resultados en base a la simulación donde, se observa el comportamiento de manera cuantitativa los valores de potencia, de acuerdo con la ubicación georreferenciada a la que se desee realizar el estudio, demostrando el lugar de mayor de potencia que suministrara.

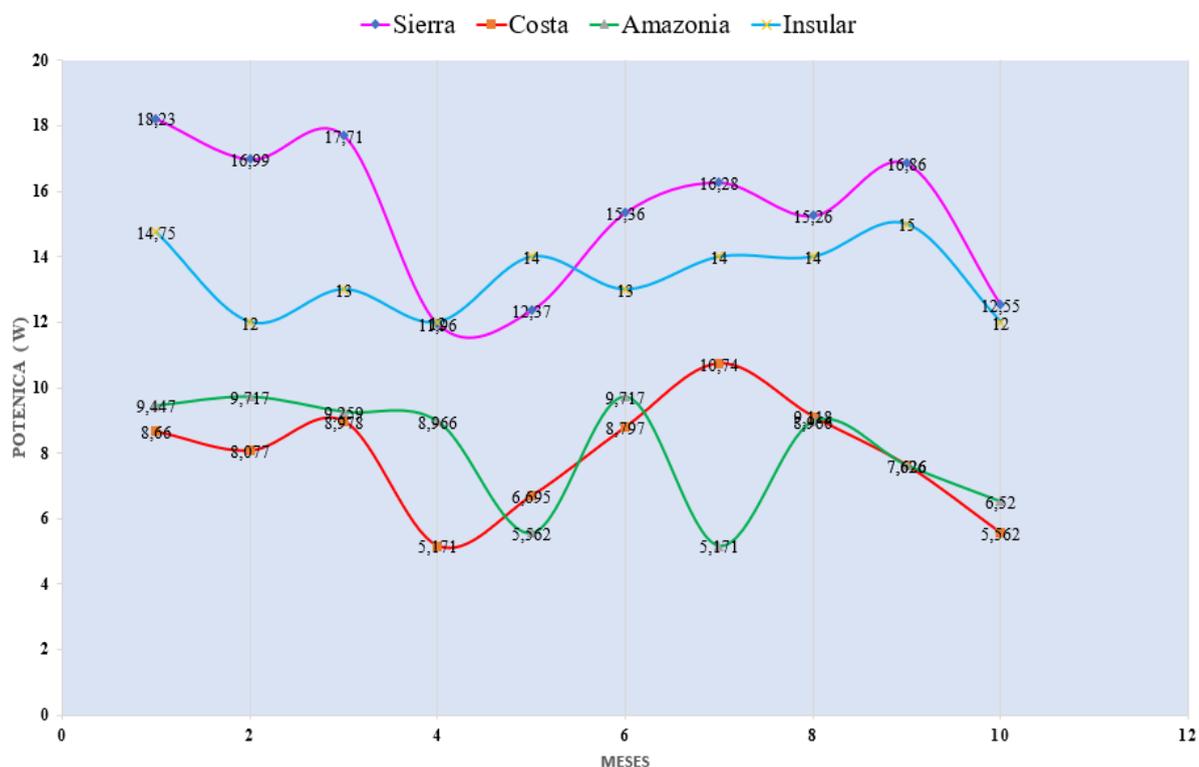


Figura 59 Grafico de comparación de potencias (local)

En la figura 59 se representa de manera gráfica, los sectores seleccionados nacionales donde se podría instalar sistemas fotovoltaicos priorizando las características mencionadas en las secciones anteriores, de manera que se aproveche el recurso climático (soleado, lluvias, cenizas, granizos bajas temperaturas ambiente) en el rendimiento general y la vida útil del sistema en general. Para lo cual se realiza una representación detallada de la región sierra del Ecuador subdividida en provincias y sus respectivos cantones.

El rendimiento que suministra un panel fotovoltaico de 300 W se vera en los porcentajes siguientes, es decir donde habrá un mayor desempeño.

Sierra = 32,68%

Costa = 16,89 %

Amazonia = 18,68%

Insular = 31,38

Para visualizar los datos y gráficas completas se encontrarán en la sección de anexos 5: simulación con datos nacionales (región sierra), anexos 6: simulación con datos nacionales (costa), anexos 7: simulación con datos nacionales (amazonia), anexos 8: simulación con datos nacionales (insular)

CONCLUSIONES

Se logro obtener los valores reales en base a las simulaciones realizadas en el panel fotovoltaico, logrando así el escenario deseado y poder recopilar los valores en tiempo real, donde los sistemas fotovoltaicos puedan aprovechar las condiciones estacionales como el frío natural, la lluvia, el clima con fuerte radiación solar, etc., mejorando su rendimiento en comparación con otras áreas que carecen de energía solar. (Luz de sol).

Se logro la simulación en el software simulink demostrando que reducir la temperatura de la superficie a la que están expuestas las células solares puede mejorar su rendimiento al evitar su degradación, lo que da como resultado una mayor eficiencia y producción. Esto se debe al lugar o sector escogido donde el desempeño de un panel fotovoltaico se vera en ventaja o desventaja, cabe señalar que las condiciones de exposición a la radiación solar no deben verse afectadas, ya que esta tiene prioridad en la producción de recursos eléctricos.

Los valores y graficas se lograron obtener en base a la simulación, donde se determinó mediante tablas la comparación del rango de potencia de acuerdo a las ubicaciones fueron estudiadas mediante atlas solares georreferenciados, específicamente en las ciudades con mayores índices de cambio climático en diferentes partes del mundo, así como localmente en las ciudades según sus respectivas zonas, y para cada región brindan datos reales de la región , compuesto por el continente y la región insular , estratificados por pesos y proporciones gráficas para indicar qué ubicaciones se destacan entre sí como los mejores lugares para desplegar energía solar a gran escala o de una manera particular.

Las células solares normalmente disminuyen su eficiencia a medida que aumentan las temperaturas. Esto se debe a la recombinación de portadores de carga, pérdida de voltaje y otros fenómenos que afectan negativamente el funcionamiento de la célula solar.

Sin embargo, Se concluyó que la presencia o ausencia de flujos de viento moderados afecta directamente el desempeño de los sistemas fotovoltaicos.

RECOMENDACIONES

- Considerar las corrientes de viento moderadas, ya que esto puede afectar el rendimiento del panel solar. La integración de variables de velocidad del viento en modelos de simulación matemática ayuda a optimizar los resultados.
- Análisis detallado de áreas específicas utilizando datos reales. Utilice georreferenciación y un atlas solar para identificar ciudades con los niveles más altos de cambio climático que favorecen los sistemas solares.
- Integrar el ángulo del sol durante el máximo diario en un modelo matemático. Para maximizar la eficiencia y la potencia del sistema, es importante utilizar la hora del día en la que la recepción de luz solar es alta.
- Una vez instalado el sistema, es fundamental implementar un programa continuo de monitoreo y mantenimiento para garantizar un rendimiento óptimo a lo largo del tiempo.
- Se recomienda la instalación de paneles solares monocristalinos en climas más fríos y propensos a tormentas o niebla, ya que este tipo de panel solar tiende a absorber mejor la radiación y es menos propenso al sobrecalentamiento.
- Se recomienda la instalación de paneles solares policristalinos en climas cálidos porque tienen una mayor tasa de absorción de calor y se ven menos afectados por el sobrecalentamiento.

REFERENCIAS

- [1] N. Martín Chivelet, *Integración de la energía solar fotovoltaica en edificios*, vol. 1º, núm. 216. 2011.
- [2] L. Corredor, “La importancia del Uso de Modulos Fotovoltaicos o Paneles Solares como Fuente de Energia Eléctrica”, *Revista Avenir*, vol. 1, núm. 1, 2019.
- [3] C. Pinzón, C. Corral, R. Nájera, y D. Campos, “Selección de un sistema solar fotovoltaico para un vehículo electrico”, *CULCyT*, vol. 4, núm. 50, 2013.
- [4] Viíctor. Gonzales Zamora, “Efecto Sombra En Los Paneles Solares”, *CITE energía*, vol. 0, núm. 0, 2019.
- [5] A. D. Choque, “Evaluacion del uso de energia solar fotovoltaica - eolica para la impulsión de un sistema de abastecimiento de agua en un Centro Poblado Rural- Ilave”, 2018.
- [6] G. Vega, “Optimización energética y ambiental de sistemas fotovoltaicos para su integración en la edificación”, *Universidad Politécnica de Madrid*, 2018.
- [7] H. Ramírez-Murillo, C. A. Torres-Pinzón, E. Forero-García, y A. Álzate-Gómez, “Metodología de diagnóstico de perturbaciones en la calidad de potencia usando la Transformada S”, *Revista UIS Ingenierías*, vol. 20, núm. 2, 2021, doi: 10.18273/revuin.v20n2-2021010.
- [8] E. Puma, “Desempeño de un sistema fotovoltaico en condiciones de altas temperaturas de exposición en la ciudad de Arequipa.”, 2019.
- [9] R. F. Farfán, C. A. Cadena, y L. T. Villa, “Implementación De Un Algoritmo Basado En Lógica Difusa (Flc) Para La Búsqueda Del Punto De Máxima Potencia En Paneles Fotovoltaicos”, *Articulo de Ciencia e investigación*, vol. XXXI, 2012.
- [10] H. L. Idrobo-Pacheco, W. Murillo-Arango, J. D. Lara-Galvis, y D. F. Chávez-Ruiz, “Rendimiento de un Sistema Solar Fotovoltaico Mixto (Policristalinos y Amorfo) Usado como Suministro Energético en un Contexto de Tecnificación Cafetera”, *Producción + Limpia*, vol. 16, núm. 2, 2021, doi: 10.22507/pml.v16n2a2.
- [11] V. H. Tibanlombo Timbila, A. A. Guevara Beta, y J. D. Ramírez Guasgua, “Estimación de parámetros eléctricos transitorios de un transformador utilizando ajuste de curvas con optimización no lineal”, *REVISTA ODIGOS*, vol. 2, núm. 2, 2021, doi: 10.35290/ro.v2n2.2021.442.
- [12] A. C. Guevara Lopez, “Diseño E Implementacion De Un Sistema De Riego

- Automatizado, Alimentado Por Un Sistema Fotovoltaico Para El Cultivo Hidroponico En Una Planta Piloto En El Sector De San Vicente-Quero”, *Tesis De Grado*, vol. 1, núm. 2016, 2016.
- [13] Ingelibre, “Influencia de la irradiación y temperatura sobre una placa fotovoltaica « Ingelibre”, Ingelibre.
- [14] R. Pons Tabascar, “Proyecto de Instalación Solar Fotovoltaica Para Bloque de Viviendas”, *Universidad Politecnica de Valencia*, 2016.
- [15] M. E. Cuahuey Guerrero, J. F. Méndez, E. Peralta Sánchez, S. A. Cardeña Moreno, y D. E. Hernández Sánchez, “Prototipo de un sistema híbrido de energía fotovoltaica eólica”, *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, vol. 7, núm. 2, 2023, doi: 10.37811/cl_rcm.v7i2.5863.
- [16] I. Segovia Ramirez, A. Pliego Marugan, F. P. Garcia Marquez, A. Huerta Herraiz, M. Navarro Leal, y I. Garcia de Carellan Esteban-Infantes, “SCARAB: Herramienta inteligente de optimización de la operación y el mantenimiento de plantas fotovoltaicas, basada en nuevos sistemas de monitorización embarcados en UAVs”, *Aend*, vol. 85, núm. March, 2018.
- [17] P. López, S. De La Rosa, y R. Cobián, “Sistema de seguimiento solar de un eje para aumentar la eficiencia de los sistemas fotovoltaicos bajo distintas condiciones climáticas”, *Revista Académica de la Facultad de Ingeniería Universidad Autónoma de Yucatán*, vol. 24, núm. 3, 2020.
- [18] T. Vargas y A. Abrahamse, “TRAZADOR DE CURVAS I-V DE CÓDIGO ABIERTO PARA MONITOREO DE RENDIMIENTO DE PANELES FOTOVOLTAICOS EN BOLIVIA”, *INVESTIGACION & DESARROLLO*, vol. 14, núm. 1, 2014, doi: 10.23881/idupbo.014.1-6i.
- [19] A. F. Tobon Mejia, J. J. Rojas Montano, S. I. Serna Garces, y J. A. Herrera Cuartas, “Estimación de los parámetros del modelo de un solo diodo del módulo fotovoltaico aplicando el método de optimización basado en búsqueda de patrones mejorado”, *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, vol. 20, núm. 38, 2021, doi: 10.22395/rium.v20n38a1.
- [20] E. D. Obando-Paredes y R. Vargas-Cañas, “Desempeño de un sistema fotovoltaico autónomo frente a condiciones medioambientales de una región en particular”, *Rev Acad Colomb Cienc Exactas Fis Nat*, vol. 40, núm. 154, 2016, doi: 10.18257/raccefy.301.

- [21] J. P. Novillo-Vicuña, D. L. Hernandez-Rojas, B. Mazon-Olivo, y K. D. Correa-Elizaldes, “Monitoreo inalámbrico de señales eléctricas de voltaje 110/220V a través de Arduino”, *Alternativas*, vol. 19, núm. 1, 2019, doi: 10.23878/alternativas.v19i1.198.
- [22] M. G. Garrido Satué, F. Castaño, M. G. Ortega Linares, y F. R. Rubio, “Modelado de un seguidor solar con paneles de alta concentración”, 2019. doi: 10.17979/spudc.9788497497169.491.
- [23] M. Paternina, L. Olmos, J. Izquierdo, y R. Álvarez, “Diseño de prototipo de sistema solar fotovoltaico optimizando el ángulo de inclinación de los paneles solares”, *PROSPECTIVA*, vol. 10, 2012.
- [24] A. López, V. E. Parnás, y J. Cataldo, “Experimentos en túnel de viento sobre paneles fotovoltaicos montados en el suelo”, *Revista ingeniería de construcción*, vol. 34, núm. 1, 2019, doi: 10.4067/s0718-50732019000100015.
- [25] J. VILLAFUERTE y L. CUEVA, “VIABILIDAD DEL USO DE CELDAS FOTOVOLTAICAS EN ZONAS RURALES AISLADAS DE ALTA DENSIDAD”, 2018.
- [26] M. Mónica, S. Céspedes, C. Luisa Vásquez Stanescu, y R. Ramírez-Pisco, “Disposición final e impacto ambiental de las celdas fotovoltaicas Final disposal and environmental impact of photovoltaic cells”, *Publicaciones en Ciencias y Tecnología*, vol. 14, 2020.
- [27] Á. Aguirre, D. Hernández, L. Ordoñez, y L. Martínez, “Comparación de eficiencias de conversión de energía en celdas fotovoltaicas de silicio monocristalino, policristalino y amorfo para mediciones meteorológicas de la ciudad Santiago de Cali.”, *Red Colombiana de Metrología*, 2015.
- [28] A. Escobar Mejia, M. Holguín Londoño, y J. C. Osorio R, “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SEGUIDOR SOLAR PARA LA OPTIMIZACIÓN DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO”, *Scientia et Technica*, vol. 44, núm. 0122–1701, 2010.
- [29] L. D. Murillo-Soto, H. Sánchez-Ortiz, y C. Meza, “Evaluación de la producción energética para el sistema fotovoltaico con microinversores instalado en el edificio de rectoría del Tecnológico de Costa Rica”, *Revista Tecnología en Marcha*, 2022, doi: 10.18845/tm.v35i7.6334.
- [30] A. Aguirre, D. Hernández, L. Ordoñez, y L. Martínez, “fotovoltaicas de silicio monocristalino , policristalino y amorfo para mediciones meteorológicas de la ciudad

- Santiago de Cali .”, *Conversion energía*, vol. 1, núm. Octubre, 2015.
- [31] International Energy Agency *et al.*, “Global Solar Atlas”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 90, núm. March. 2021.
- [32] CONELEC, “Atlas solar del ecuador”, *Conelec*, 2008.

ANEXOS

ANEXOS 1: SIMULACIÓN CON CLIMA LLUVIOSO

Se muestran los valores de las ciudades con mayor índice de precipitaciones que superan los 250 días del año con precipitaciones

Mawsynram, India

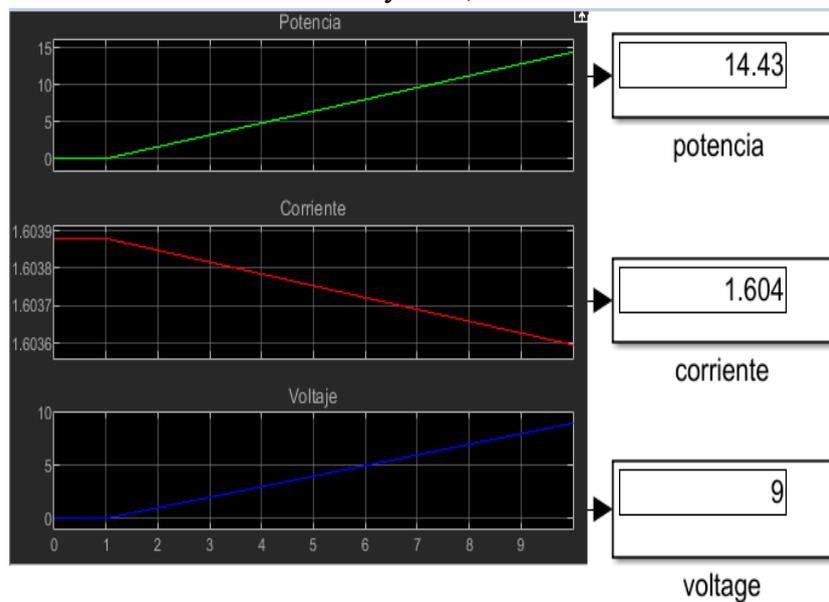


Figura 60 Resultados de mawsynram, India

Cherrapunji, India

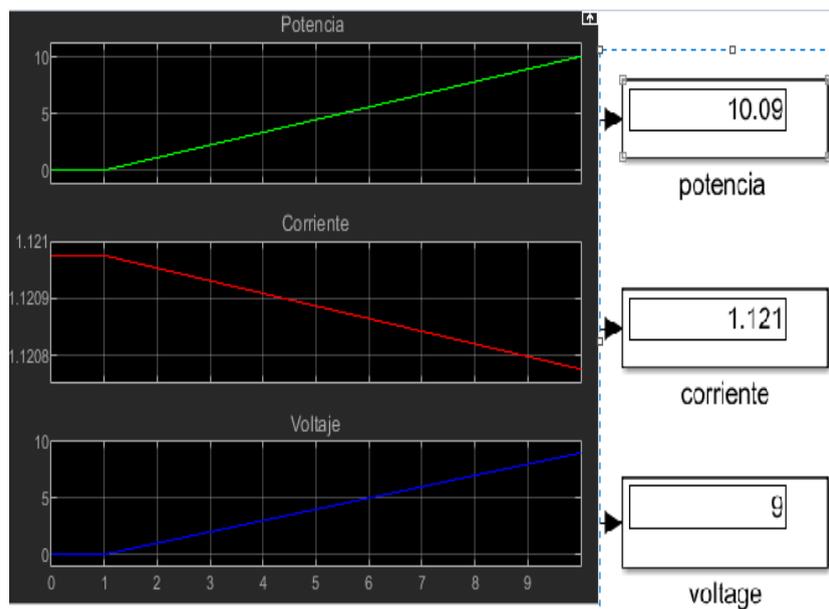


Figura 61 Resultados de cherrapunji, india

Tutunendo, Colombia

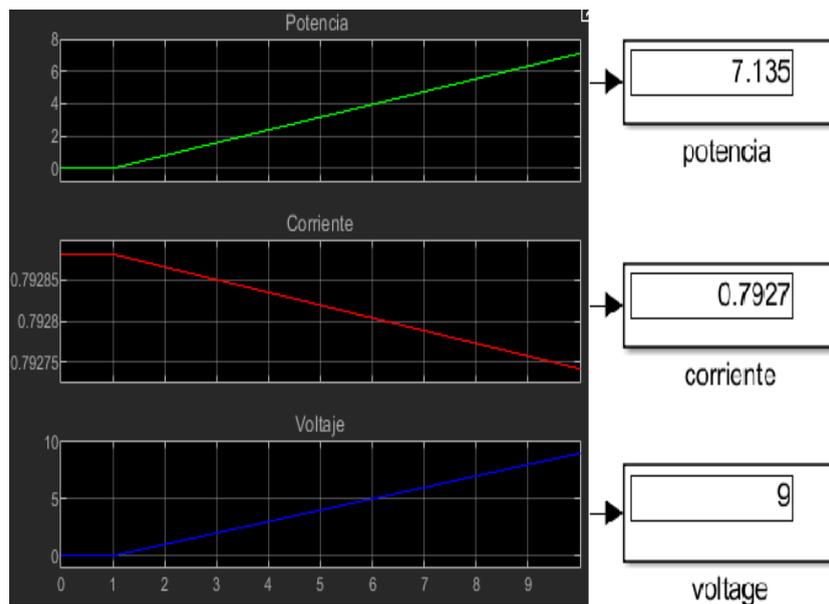


Figura 62 Resultados de tutunendo, colombia

Darién, Panamá

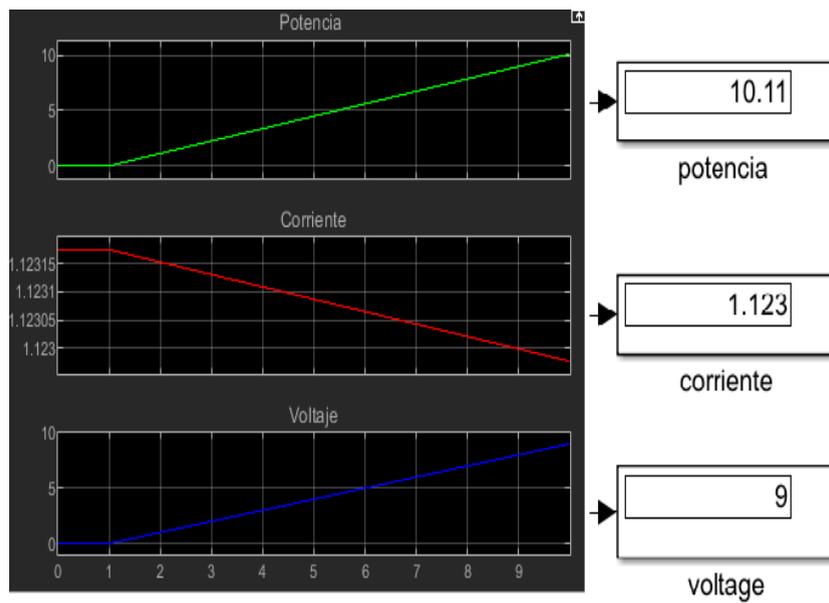


Figura 63 Resultados de darién, panamá

San Antonio de Ureca, Guinea Ecuatorial

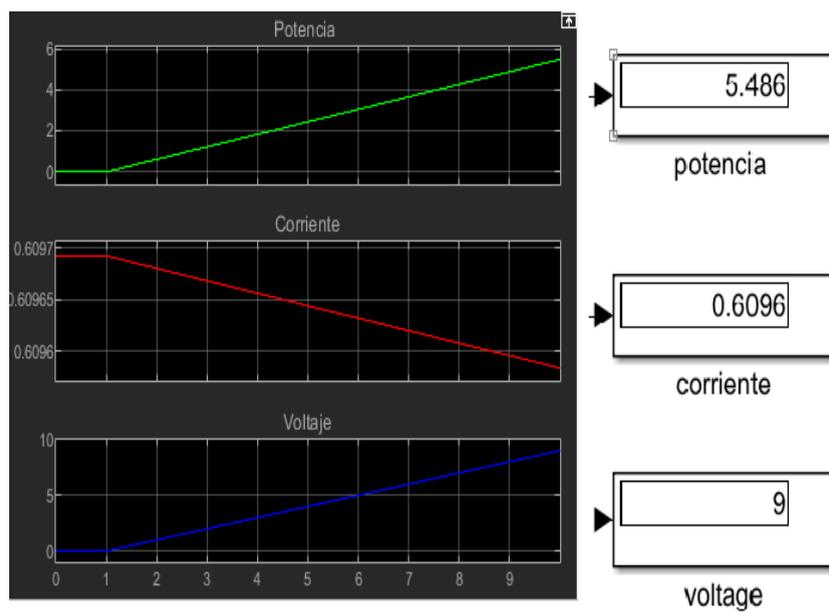


Figura 64 Resultados de san Antonio de ureca, guinea ecuatorial

Debundscha, Camerún

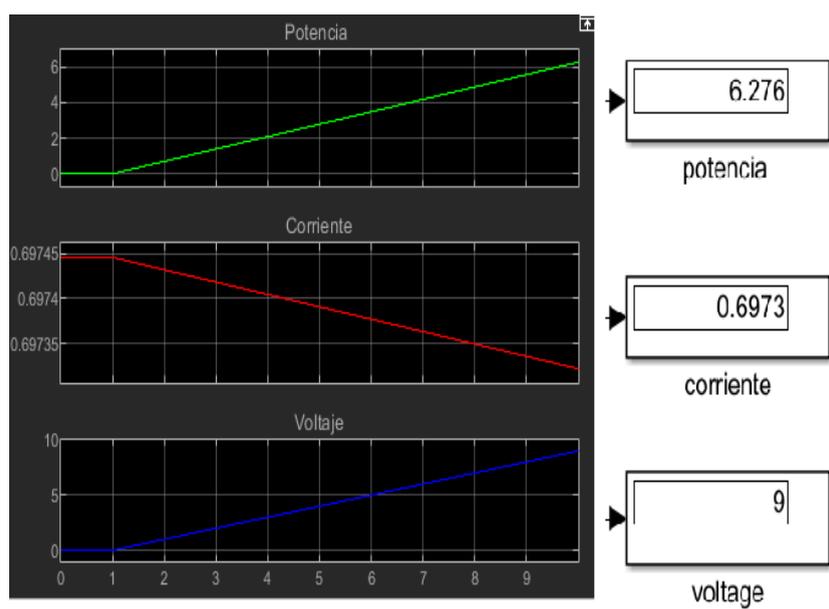


Figura 65 Resultados de debundscha, camerún

Big Bog, Hawái

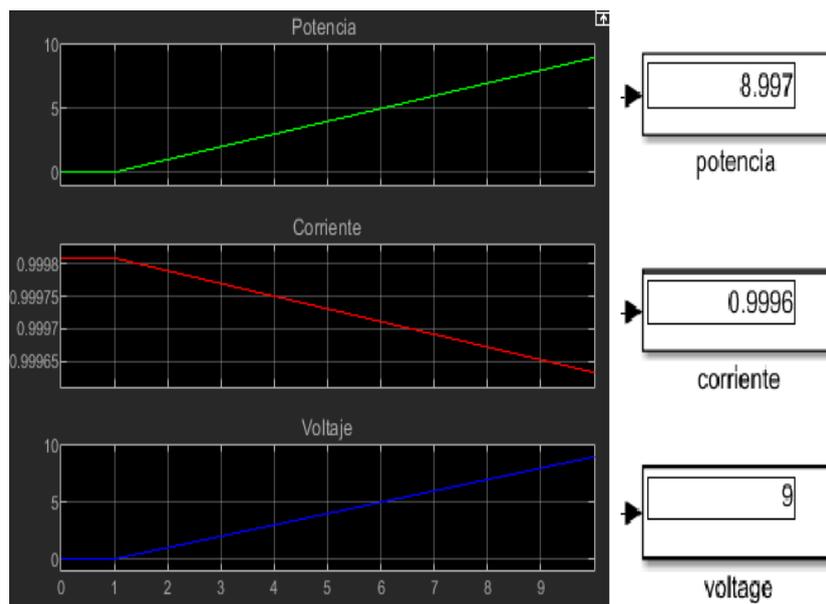


Figura 66 Resultados big bog, hawái

Monte Waialeale, Hawái

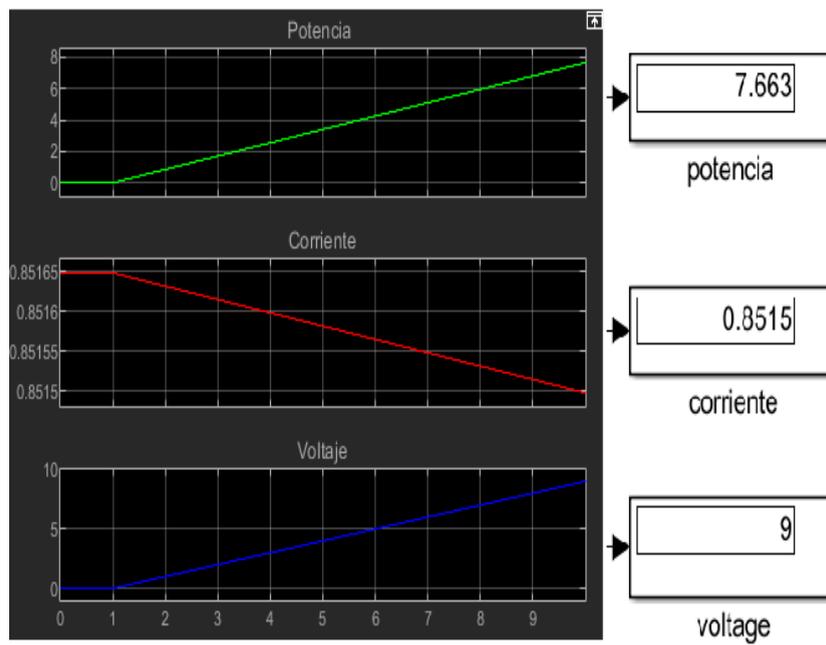


Figura 67 Resultados de monte waialeale, hawái

Pu'u Kukui, Hawaii

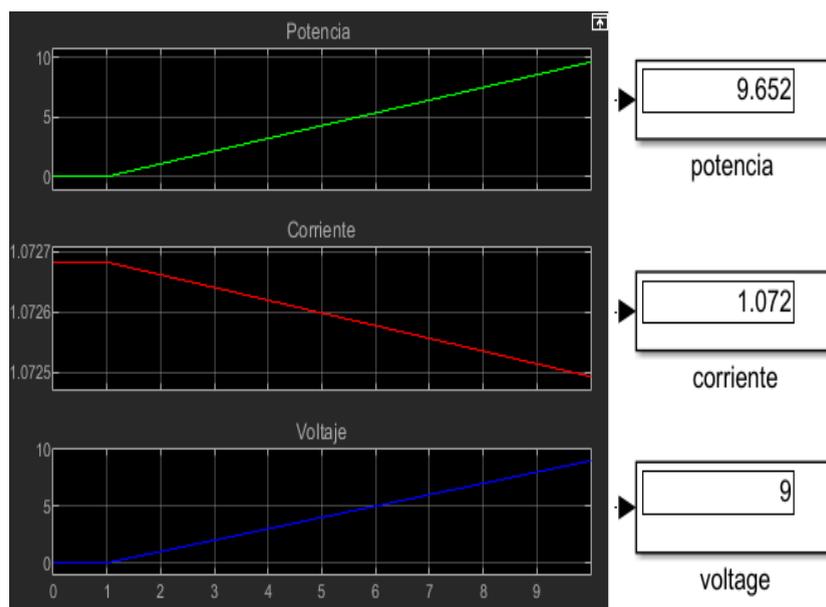


Figura 68 Resultados de pu'u kukui, hawaii

Yakushima, Japón

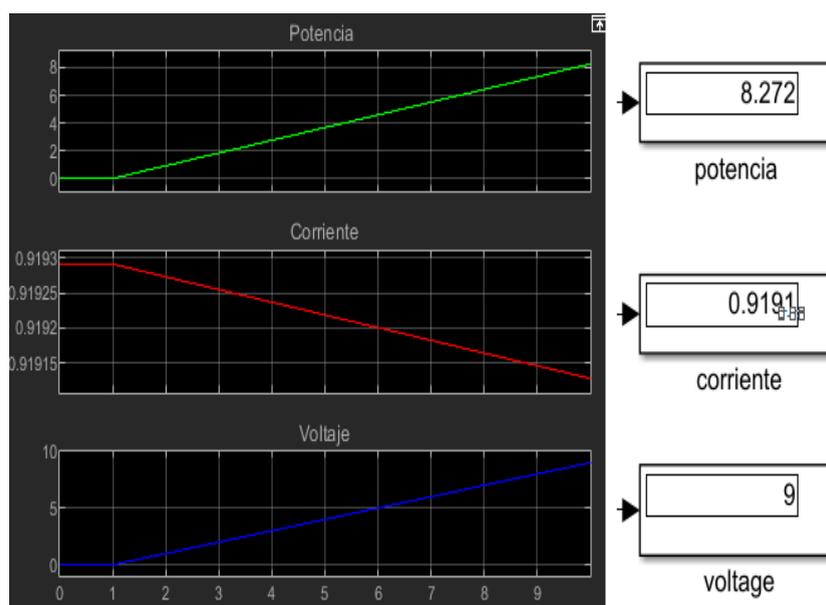


Figura 69 Resultados de yakushima, japon

Buenaventura, Colombia

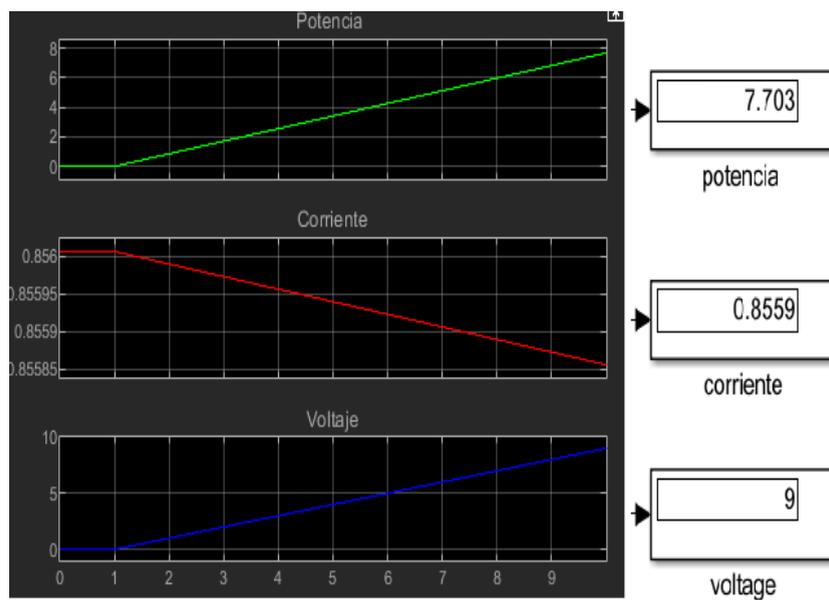


Figura 70 Resultados de buenaventura, colombia

Manizales, Colombia

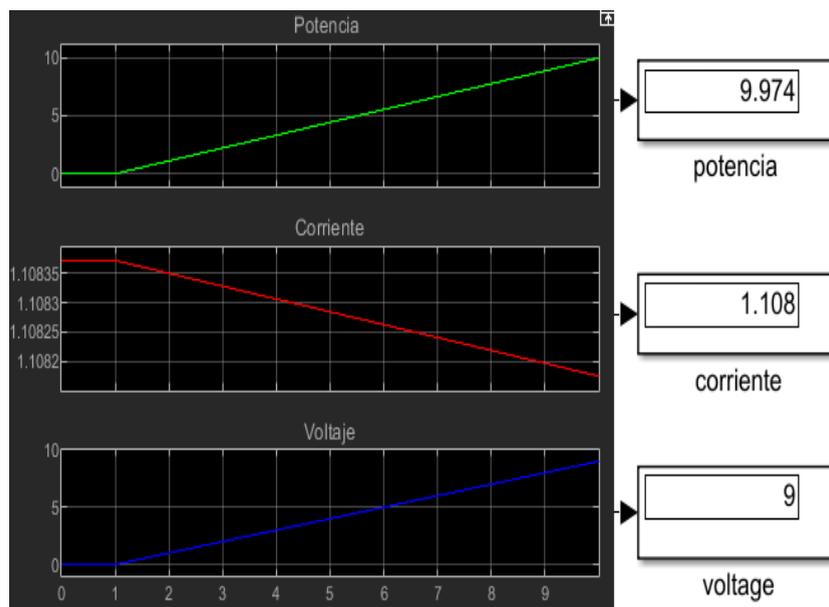


Figura 71 Resultados de manizales, colombia

Mikomeseng, Guinea Equatorial

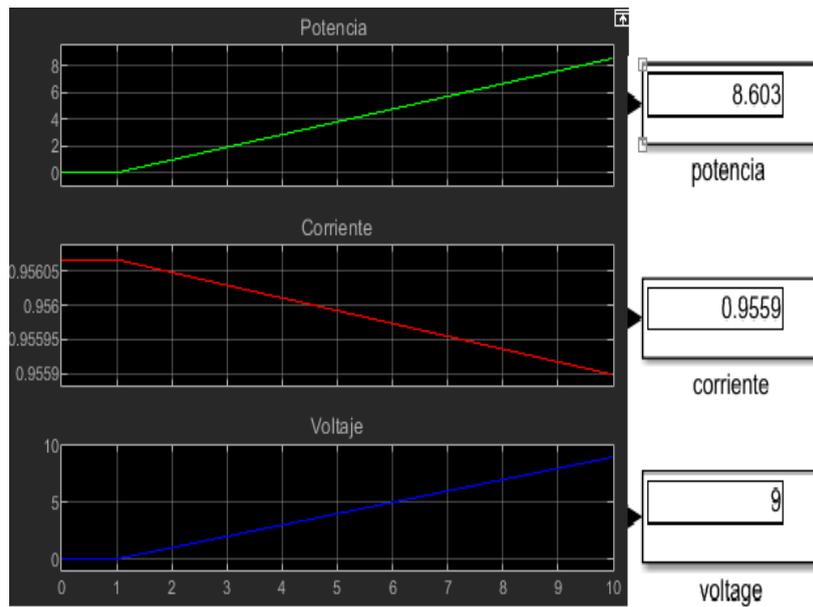


Figura 72 Resultados de mikomeseng, guinea equatorial

San Vito, Costa rica

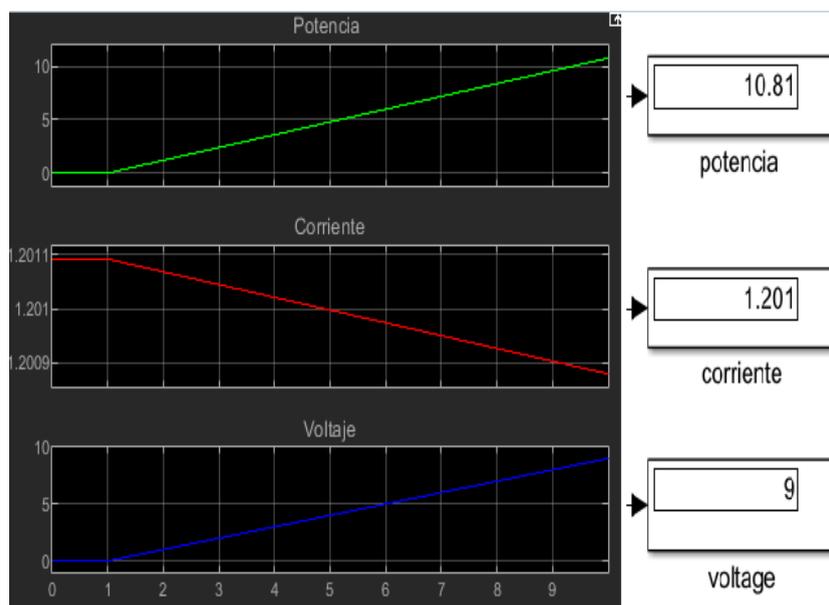


Figura 73 Resultados de san vito, costa rica

Hilo, Hawái

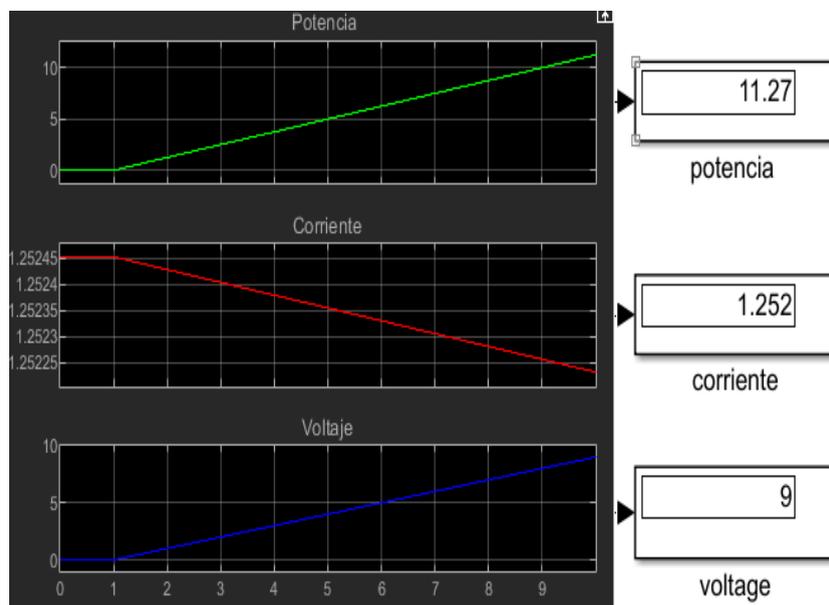


Figura 74 Resultados de hilo, hawái

Vancouver, Canada

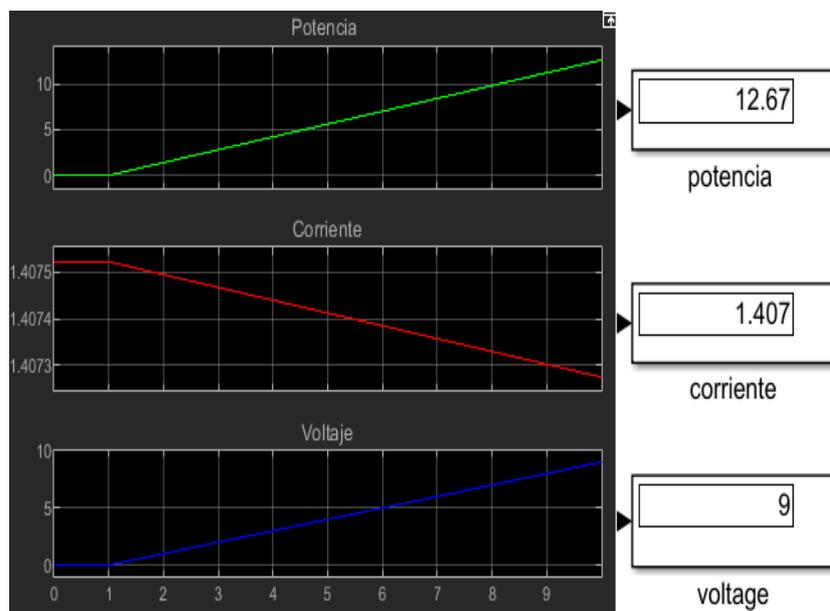


Figura 75 Resultados de vancouver, canada

Amsterdam, Países Bajos

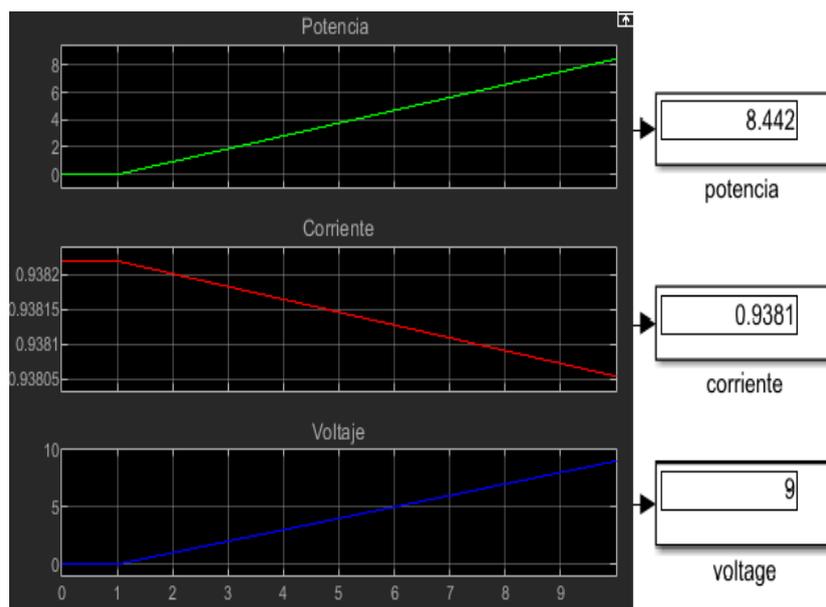


Figura 76 Resultados de amsterdam, paises bajos

Helsinki, Finlandia

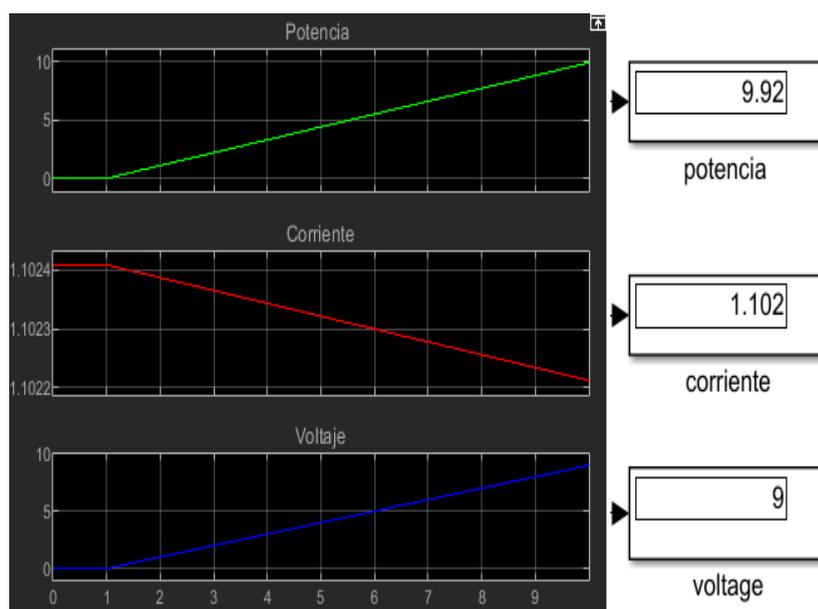


Figura 77 Resultados de helsinki, finlandia

Copenhagen, Dinamarca

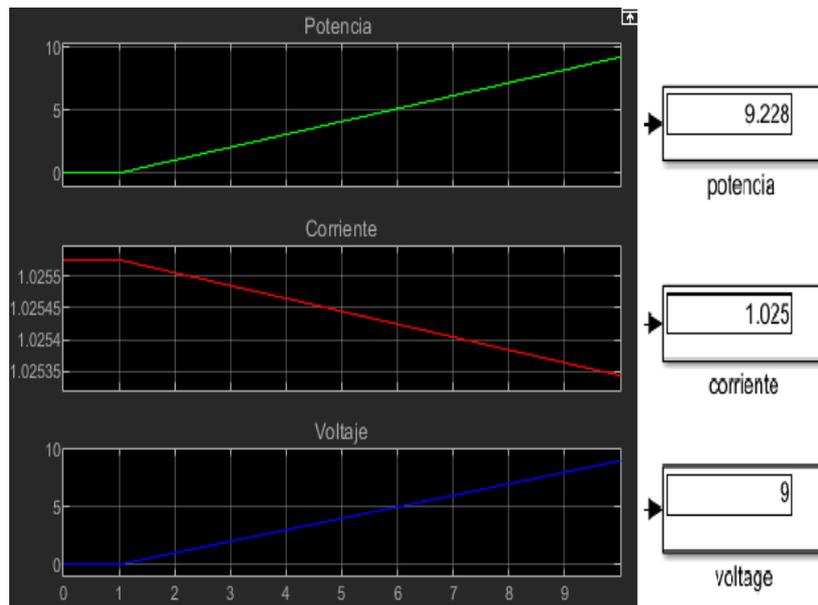


Figura 78 Resultados de copenhagen, dinamarca

Oslo, Noruega

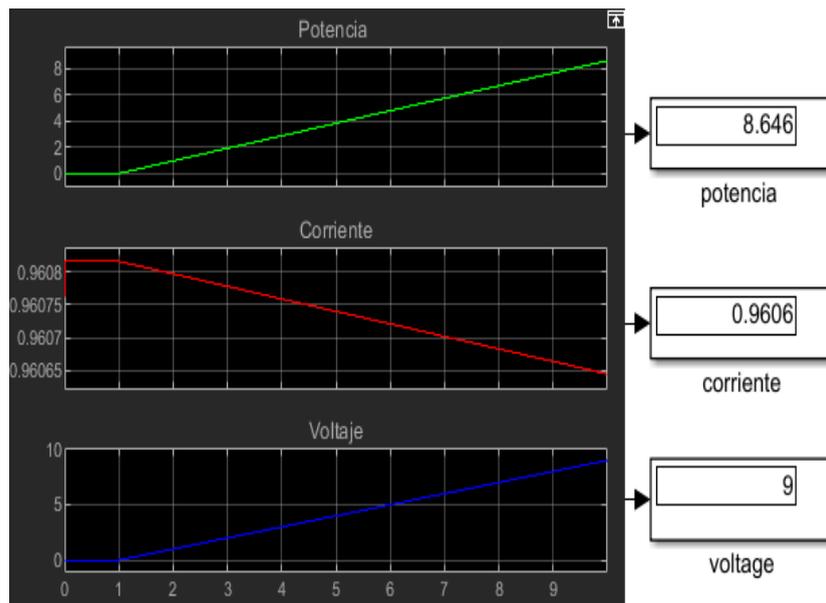


Figura 79 Resultados de oslo, noruega

ANEXOS 2: SIMULACIÓN CON CLIMA SOLEADO

Se muestran los valores de distintas ciudades de con una elevada irradiación en todo el año, donde el promedio de la temperatura puede llegar a superar de 30°C entre 35°C, donde su mayoría son tierras áridas o desiertos.

Tucson, Estados Unidos

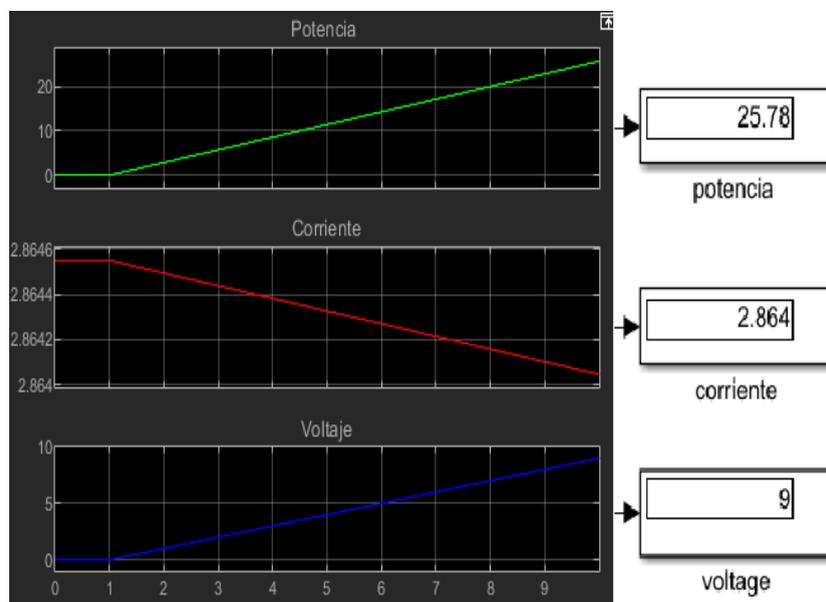


Figura 80 Resultados de tucson, estados unidos

Fortaleza, Brasil

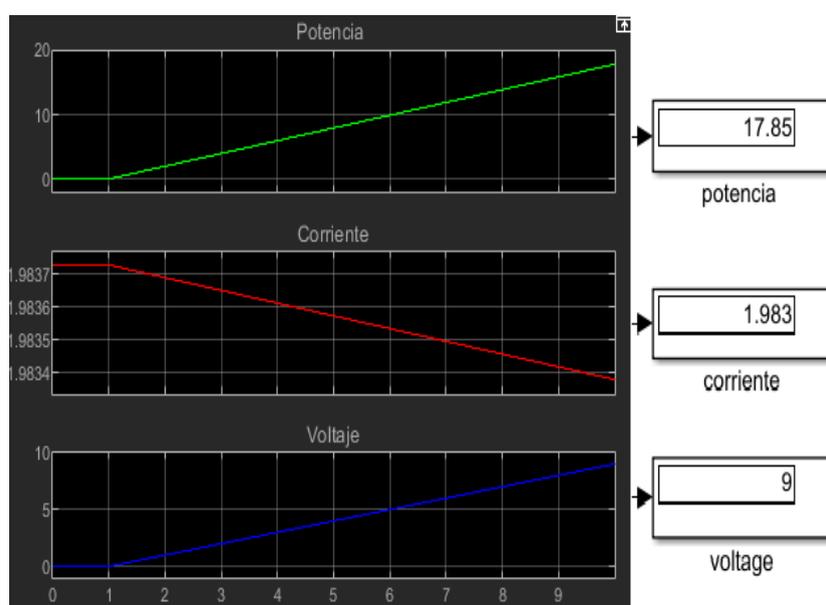


Figura 81 Resultados de fortaleza, brasil

Las Vegas, Estados Unidos

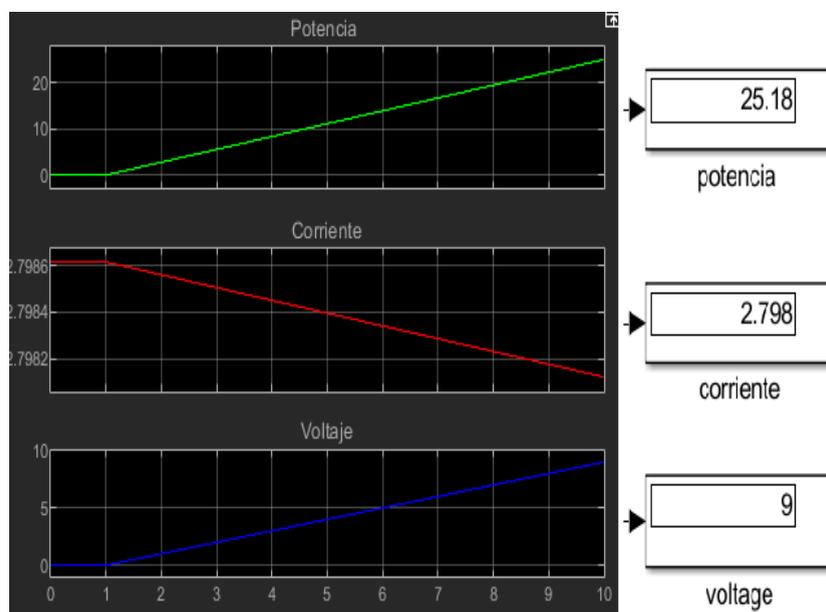


Figura 82 Resultados de las vegas, estados unidos

El Cairo, Egipto

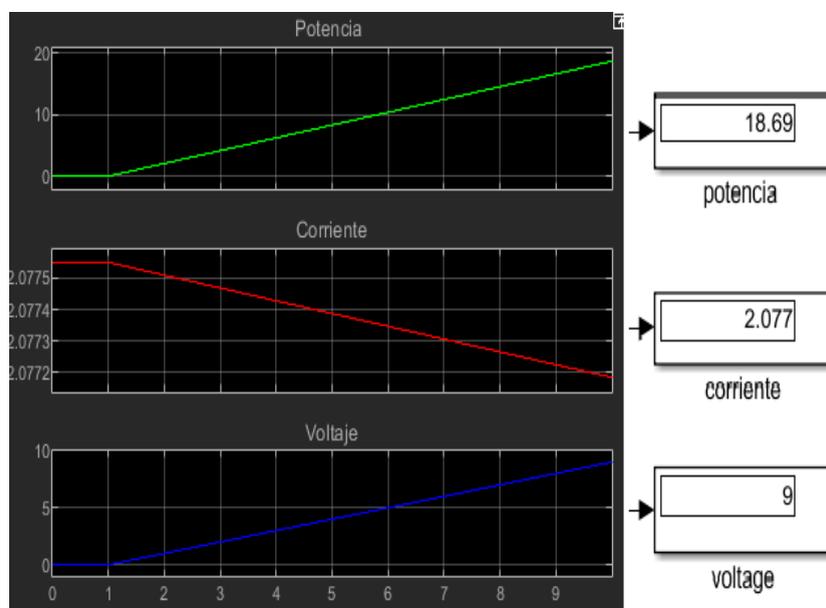


Figura 83 Resultados de el cairo, egipto

Los Ángeles, Estados Unidos

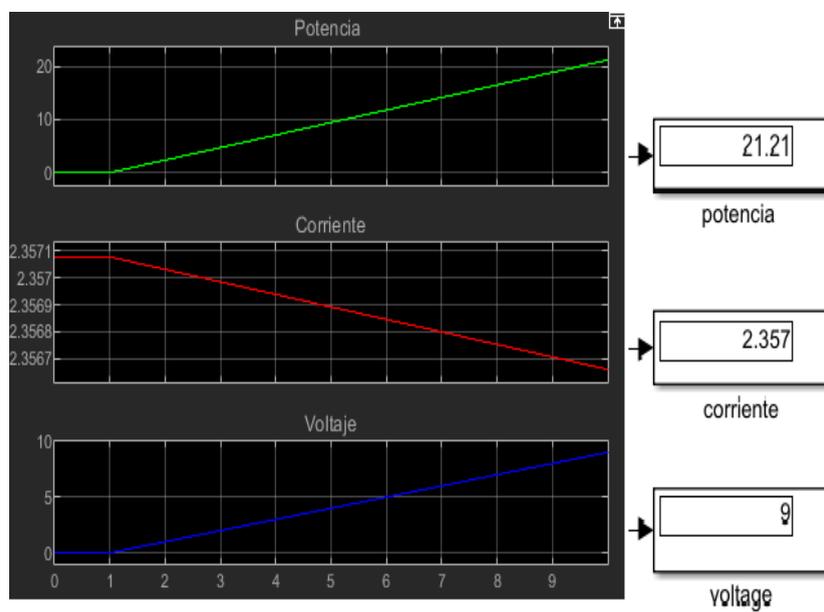


Figura 84 Resultados de los ángeles, estados unidos

Tabuk, Arabia Saudita

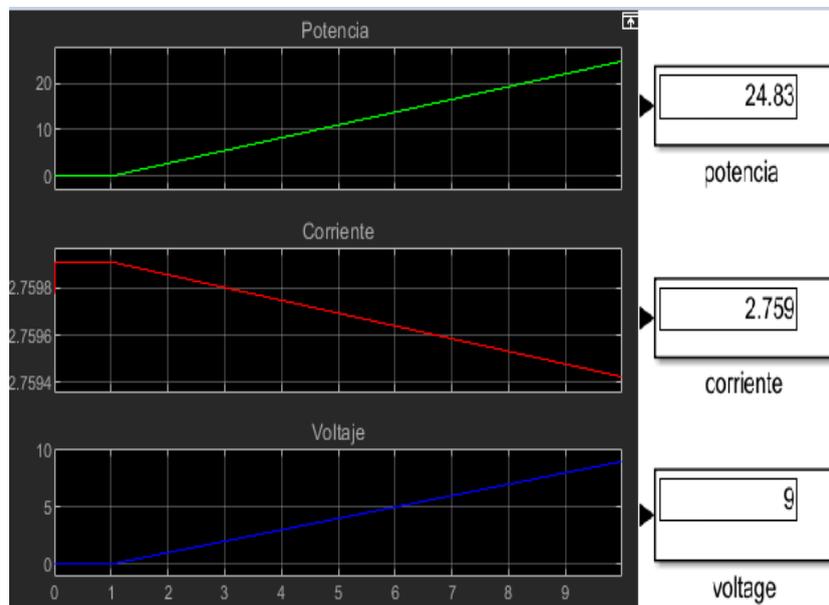


Figura 85 Resultados de tabuk, arabia saudita

Puerto Estrella, Colombia

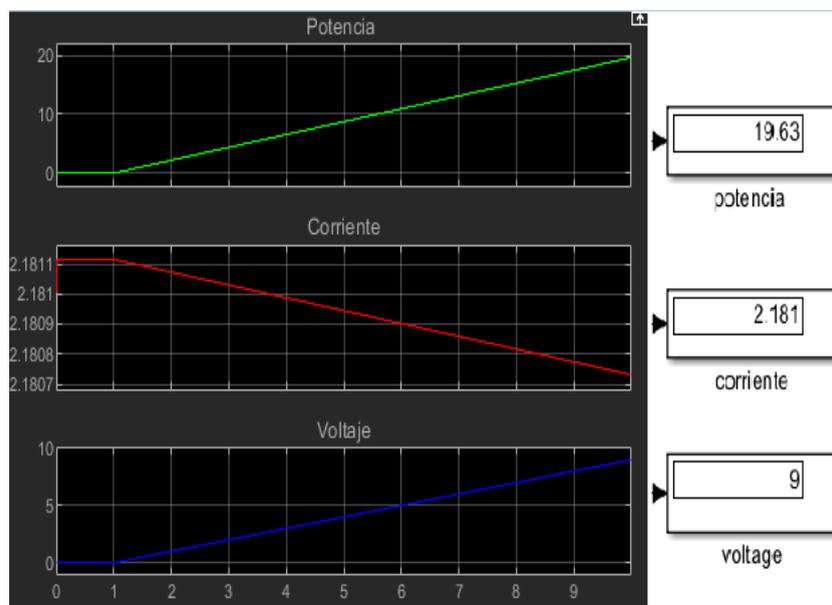


Figura 86 Resultados de puerto estrella, colombia

Arequipa, Perú

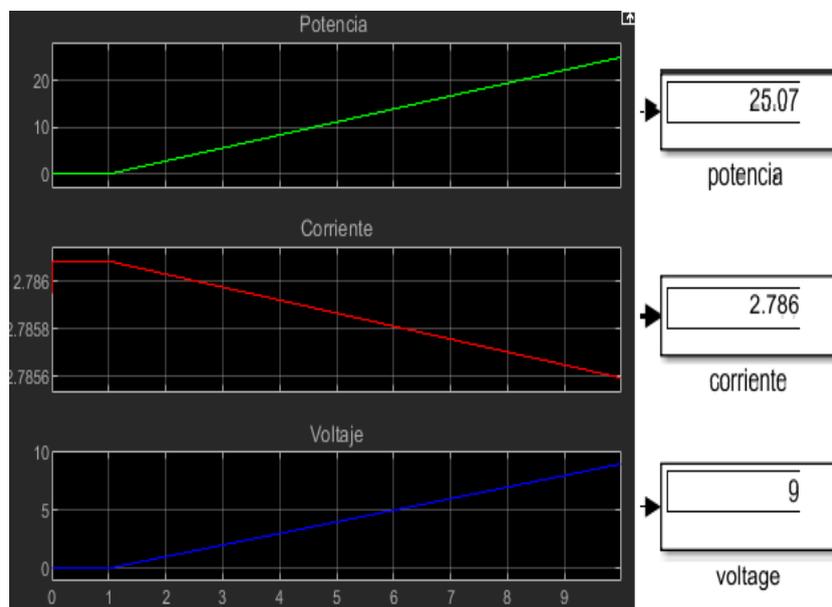


Figura 87 Resultados de arequipa, Perú

Tacna, Peru

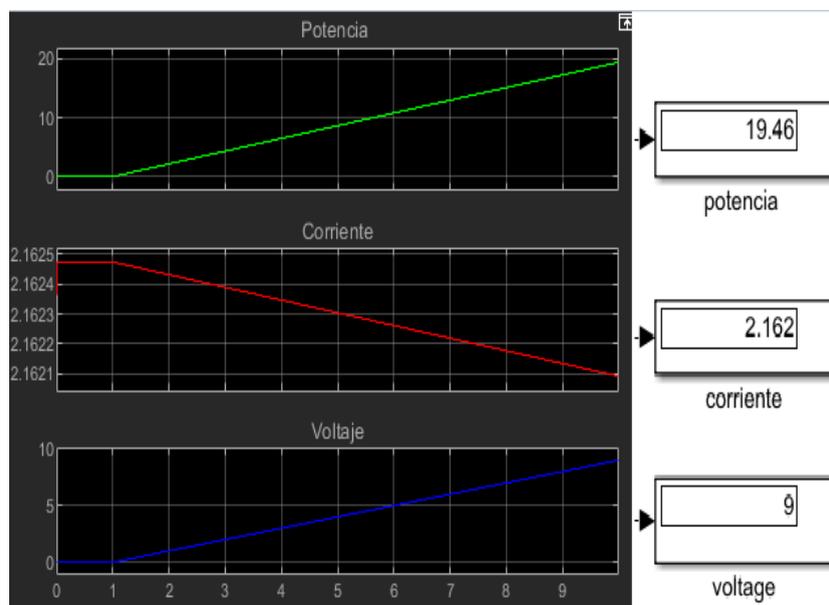


Figura 88 Resultados de tacna, peru

Iquique, Chile

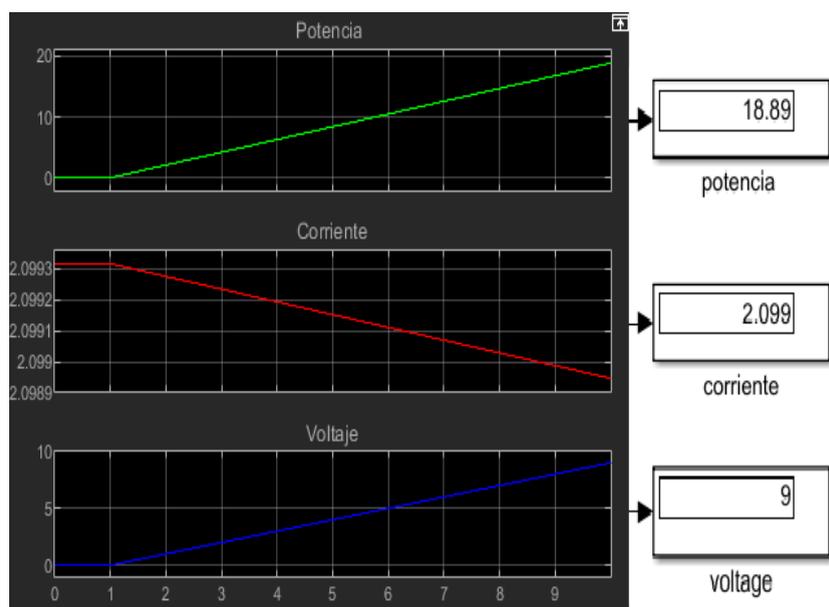


Figura 89 Resultados de iquique, chile

Sao Paulo, Brazil

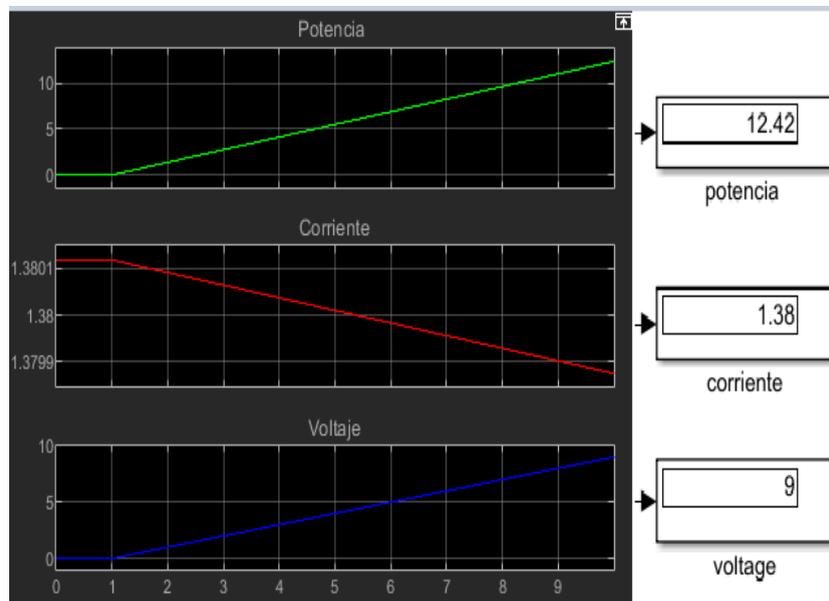


Figura 90 Resultados de sao paulo, brazil

Cancun, Mexico

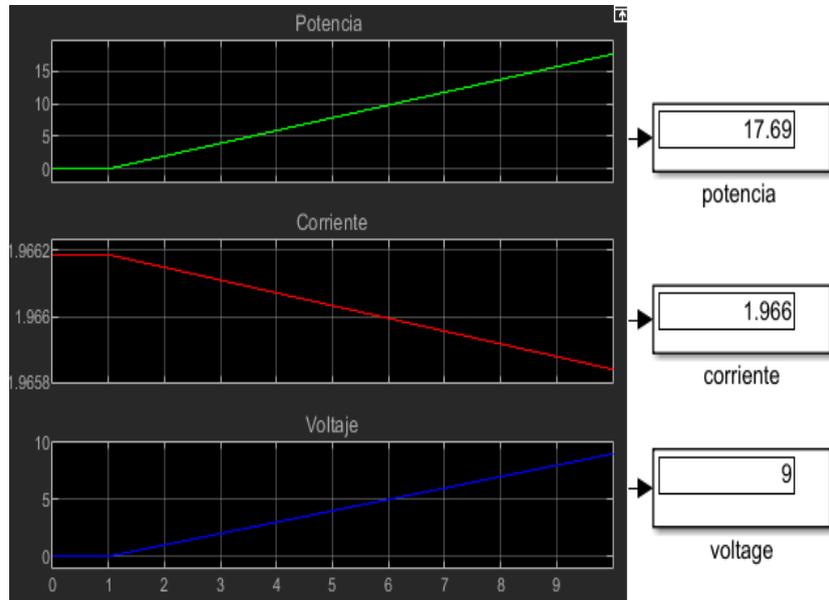


Figura 91 Resultados de cancun, mexico

Ciudad Mexico, Mexico

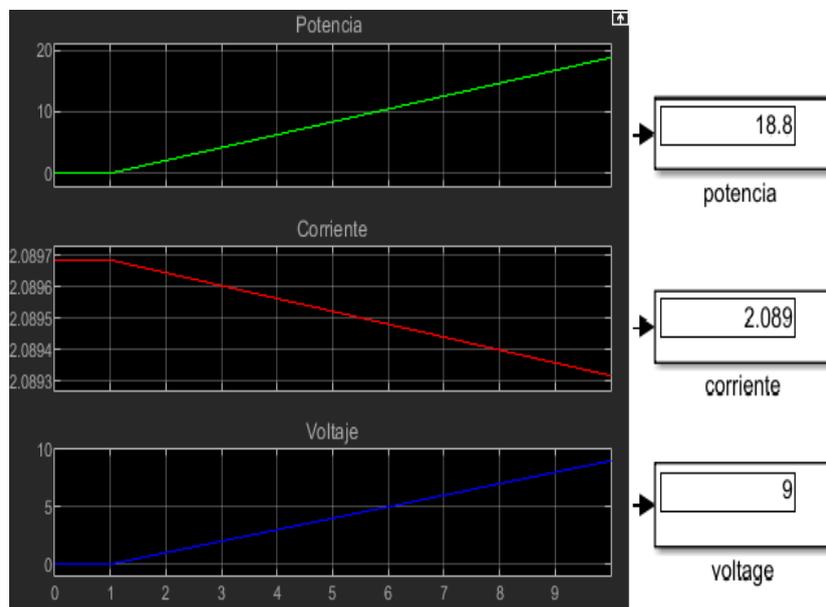


Figura 92 Resultados de ciudad mexico, mexico

Málaga, España

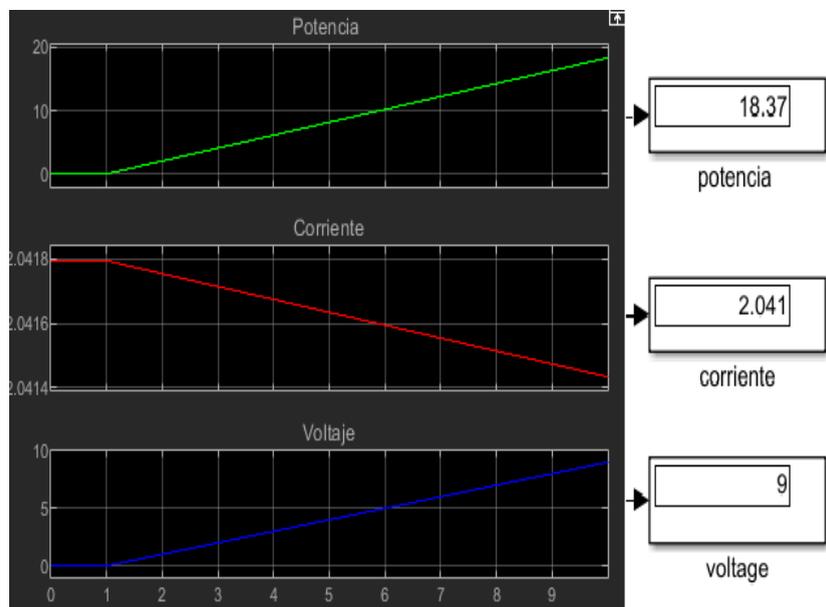


Figura 93 Resultados de Málaga, España

Barcelona, España

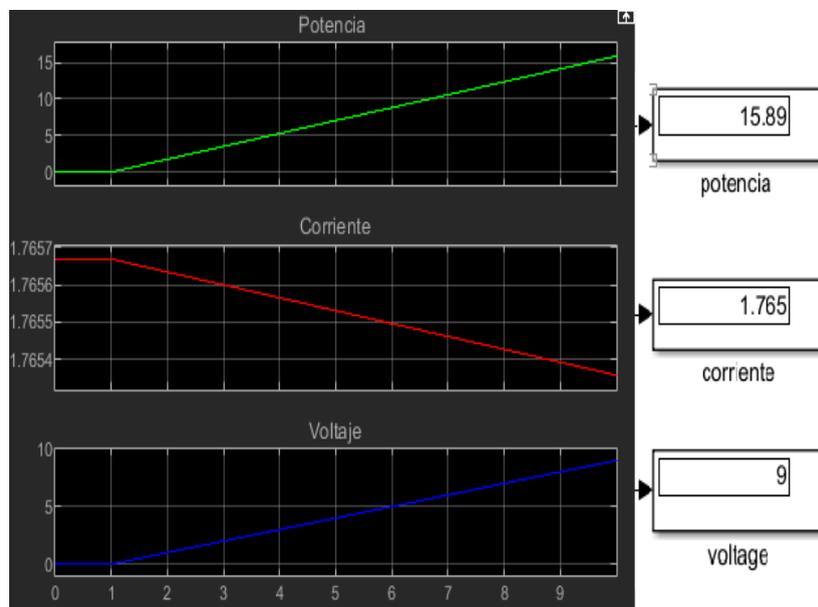


Figura 94 Resultados de barcelona, españa

Alicante, España

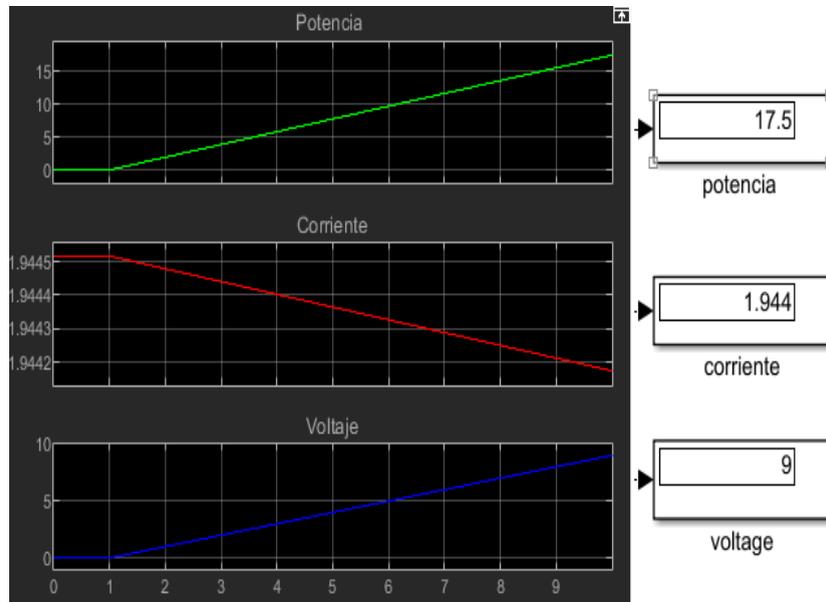


Figura 95 Resultados de alicante, españa

Lisboa, Portugal

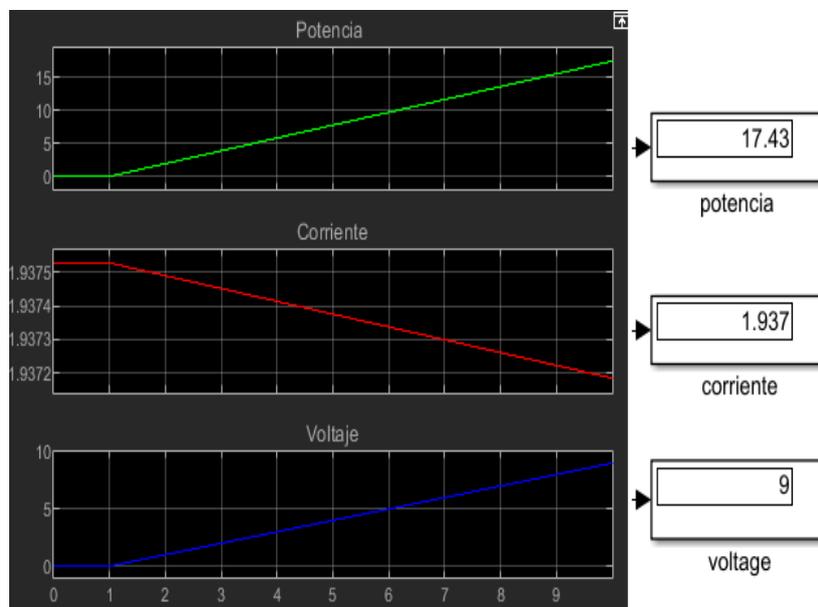


Figura 96 Resultados de lisboa, portugal

Salvador, El Salvador

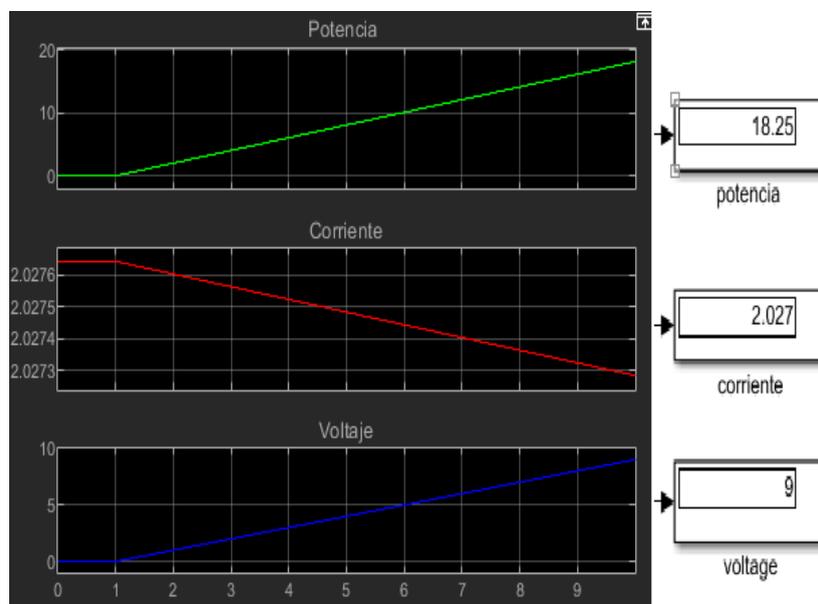


Figura 97 Resultados de salvador, el salvador

Johanesburgo, Sudáfrica

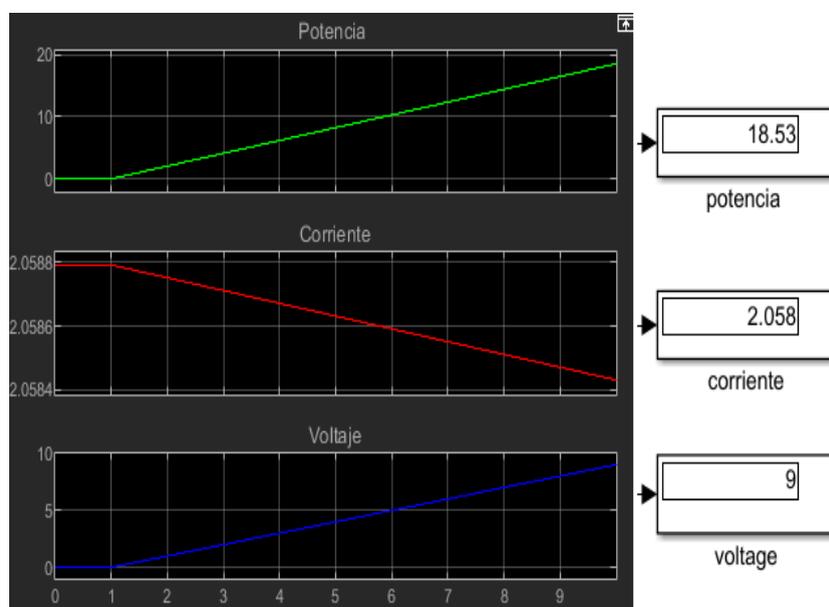


Figura 98 Resultados de johanesburgo, sudáfrica

Darwin, Australia

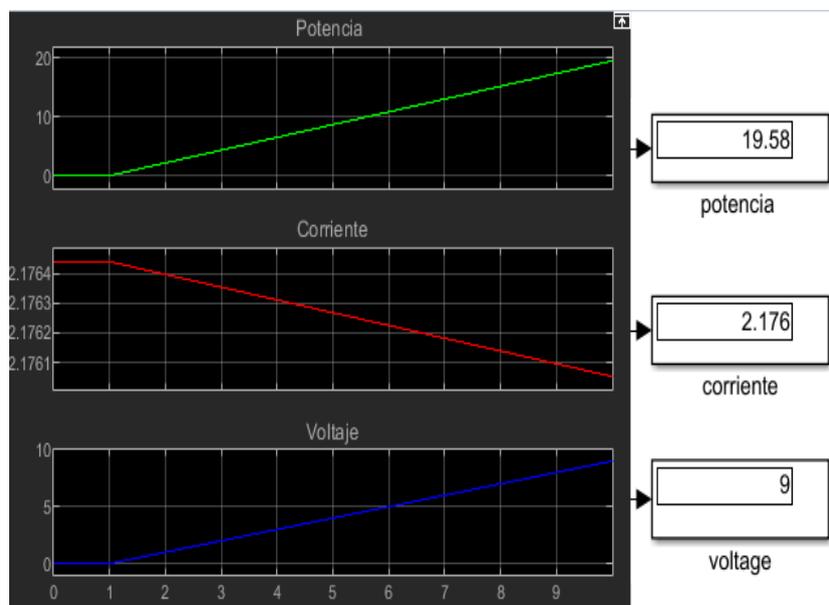


Figura 99 Resultados de darwin, australia

ANEXOS 3: SIMULACIÓN CON CLIMA NUBLADO

Se muestran los valores de distintas ciudades con un alto nivel anual de irradiación difusa, donde es más presente la acumulación de nubes estratus, donde el promedio de la temperatura se varía entre 10 °C entre 22°C.

Lima, Perú

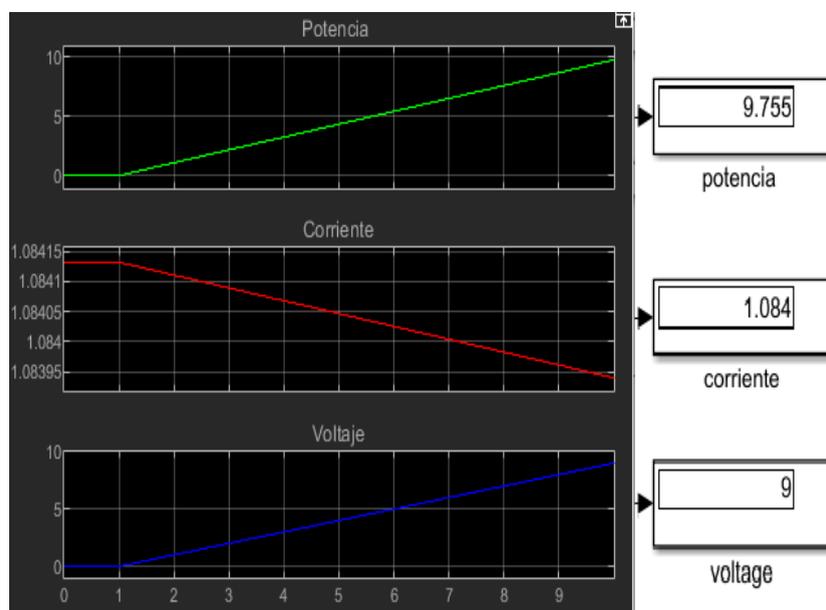


Figura 100 Resultados de lima, Perú

Londres, Inglaterra

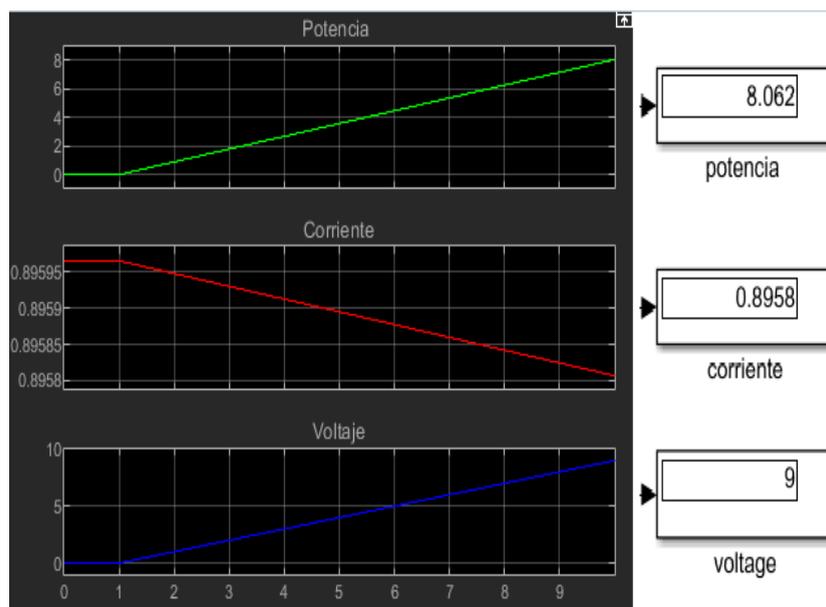


Figura 101 Resultados de londres, inglaterra

Manaos, Brasil

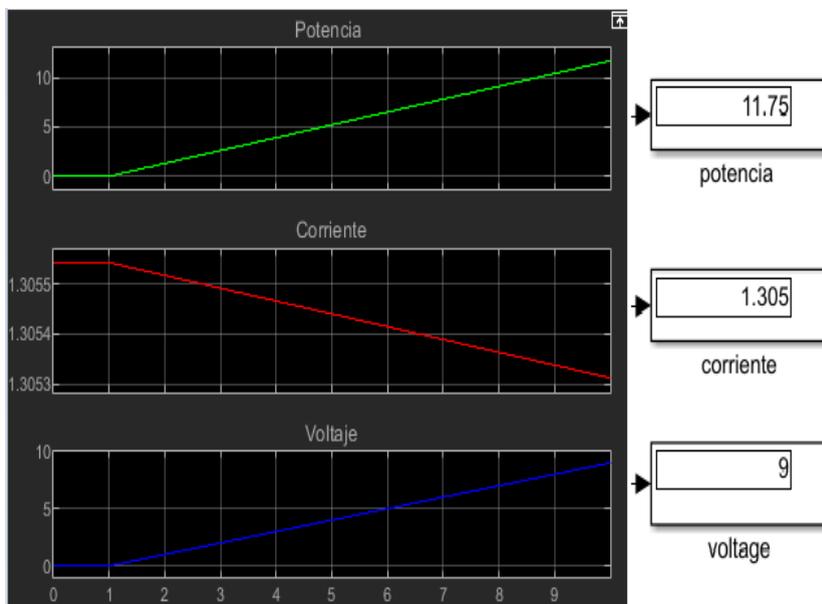


Figura 102 Resultados de manaos, brasil

Juneau , Alaska

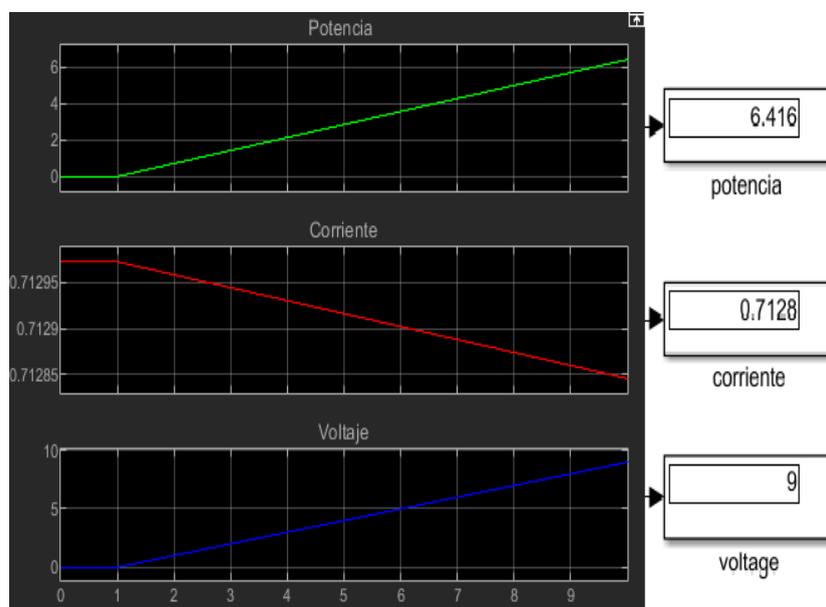


Figura 103 Resultados de Juneau , Alaska

Hamburgo, Alemania

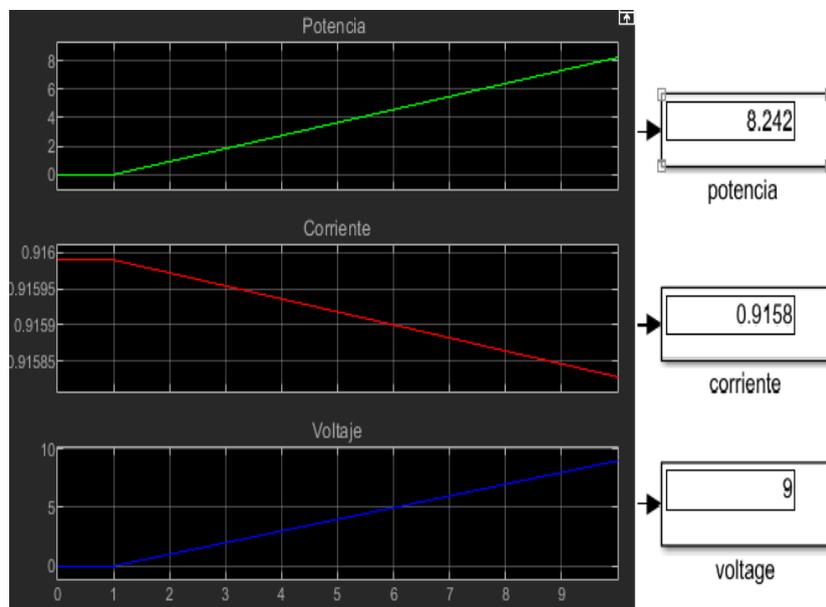


Figura 104 Resultados de hamburgo, alemania

ANEXOS 4: SIMULACIÓN CON CLIMA DE NIEVE

Los siguientes lugares son característicos de campos de nieve en áreas de gran altitud y bajas latitudes, donde la radiación y las condiciones atmosféricas que dan lugar a los huecos de fusión son más intensas.

Sapporo, Japón

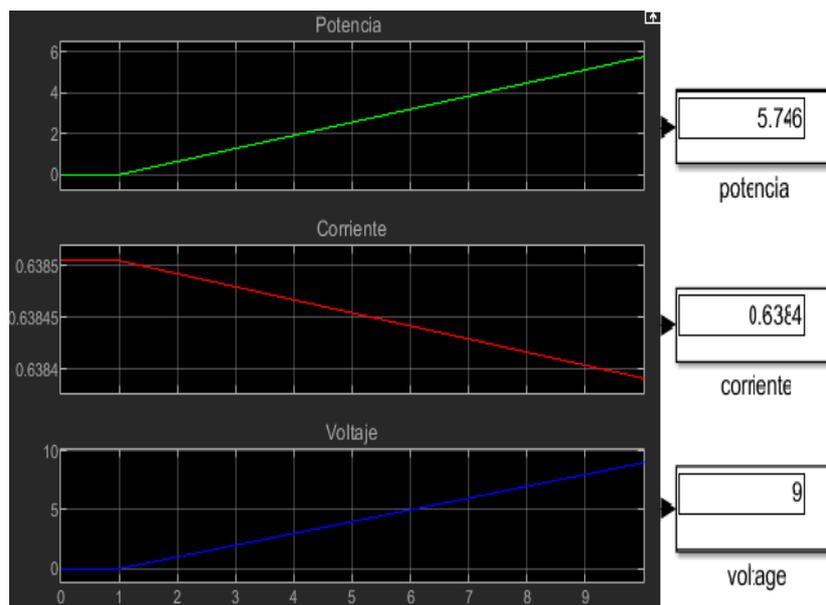


Figura 105 Resultados de sapporo, japon

Toyama, Japón

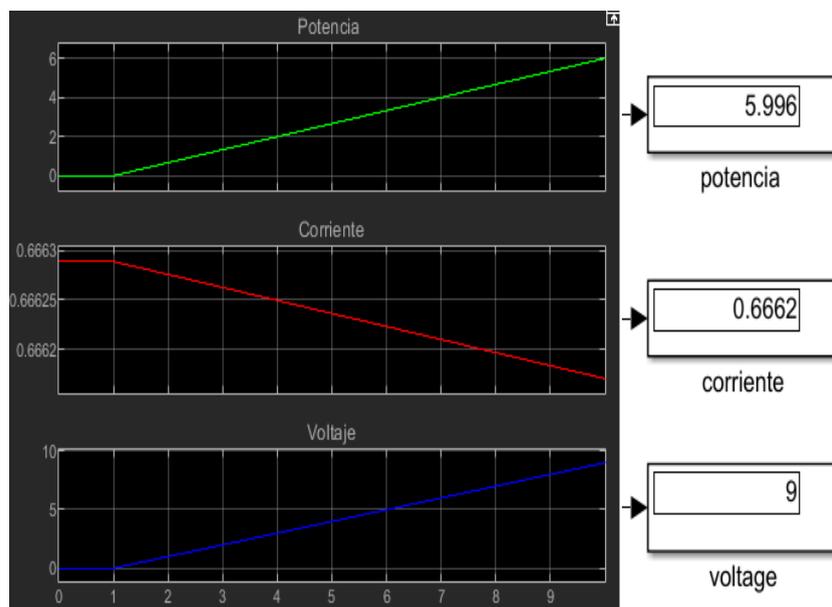


Figura 106 Resultados de toyama, japon

Aomori, Japón

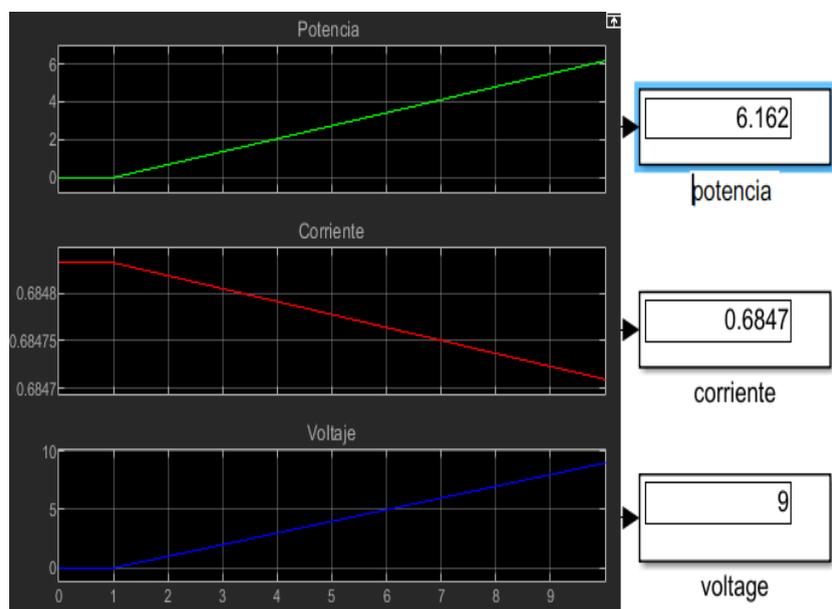


Figura 107 Resultados de aomori, japon

St. John's , Cànaða

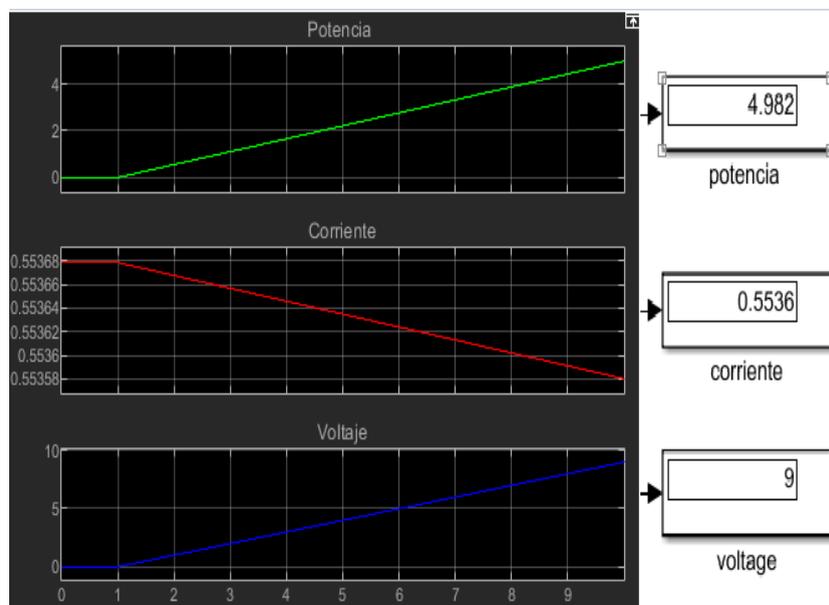


Figura 108 Resultados de st. john's , cànaða

Quebec, Cànaða

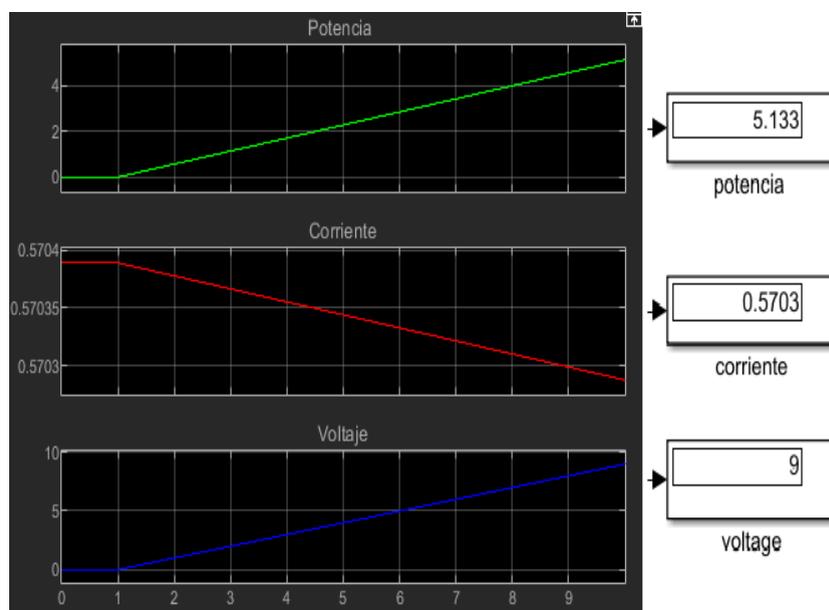


Figura 109 Resultados de quebec, cànaða

Syracuse, Estados Unidos

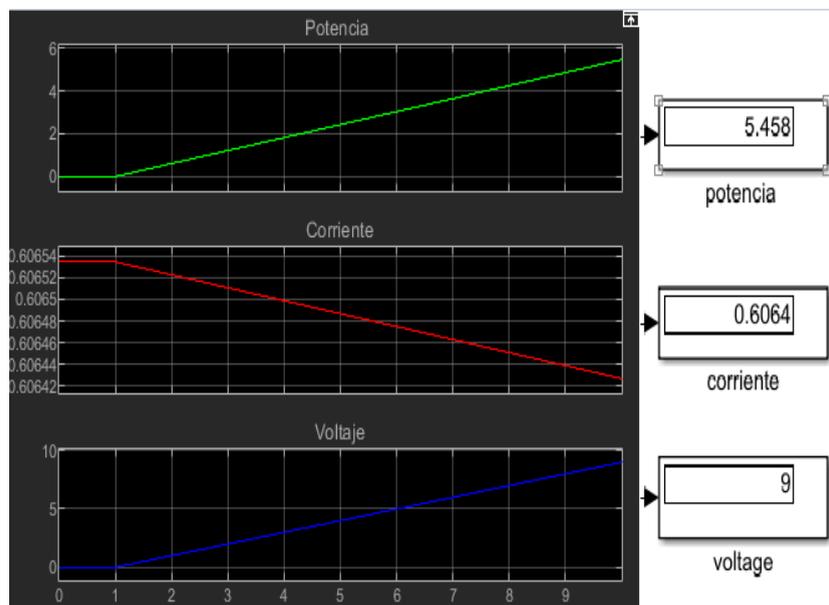


Figura 110 Resultados de syracuse, estados unidos

Saguenay, Canadá

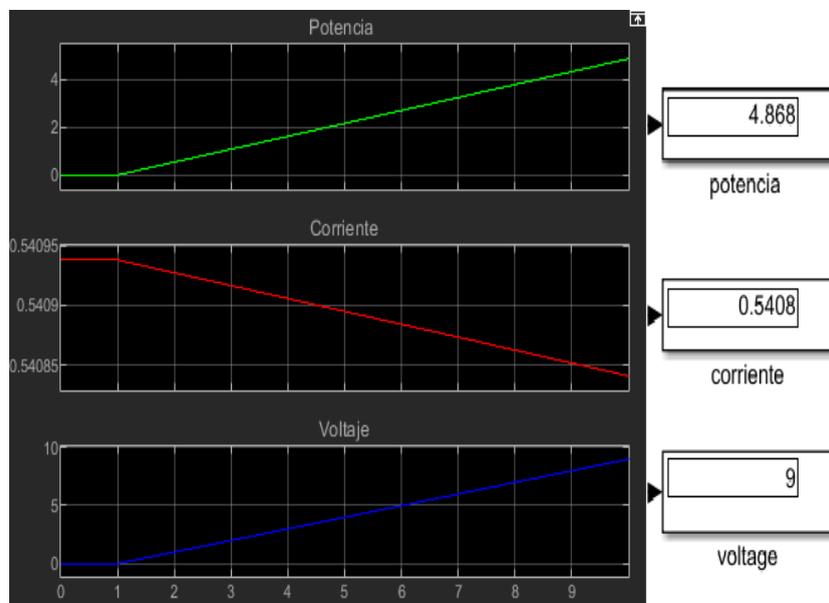


Figura 111 Resultados de Saguenay, Canadá

Akita, Japón

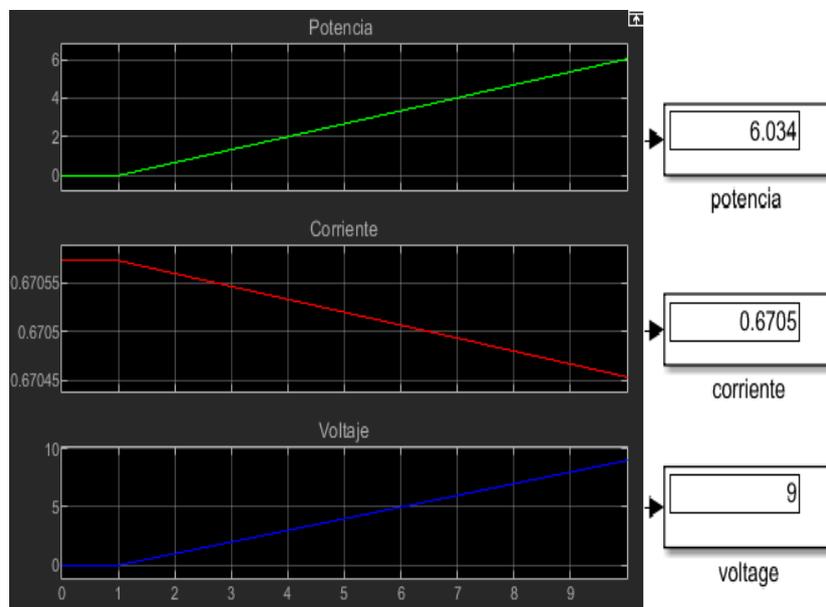


Figura 112 Resultados de akita, japón

Búfalo, Estados Unidos

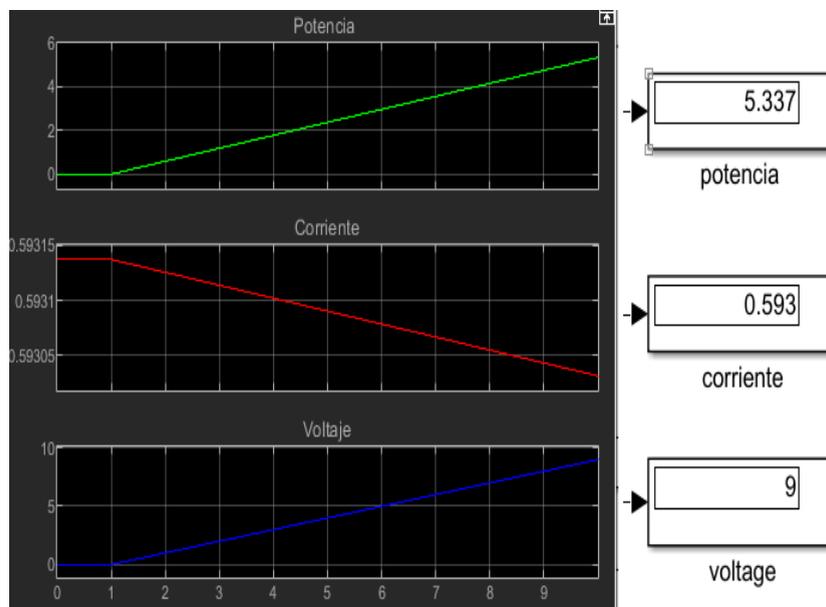


Figura 113 Resultados de búfalo, estados unidos

Nome, Alaska

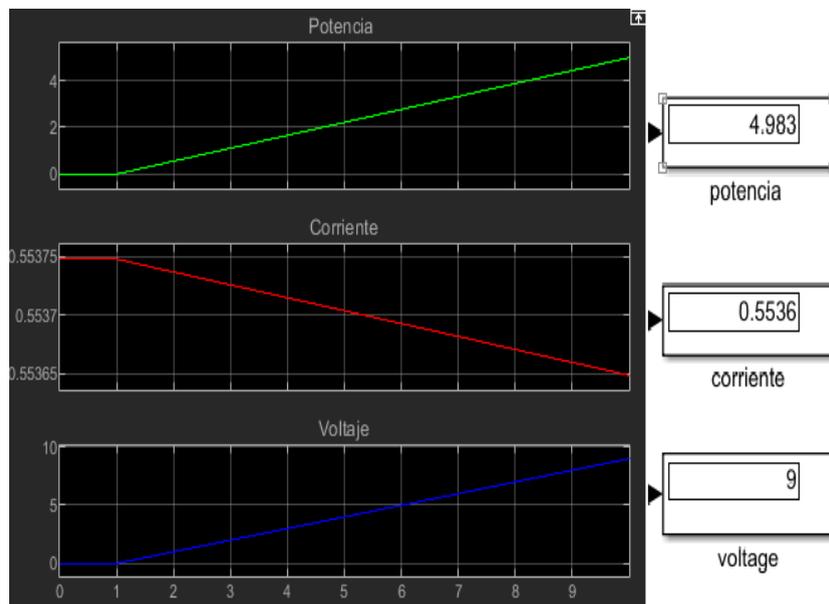


Figura 114 Resultados de nome, alaska

Montpelier, Estados Unidos

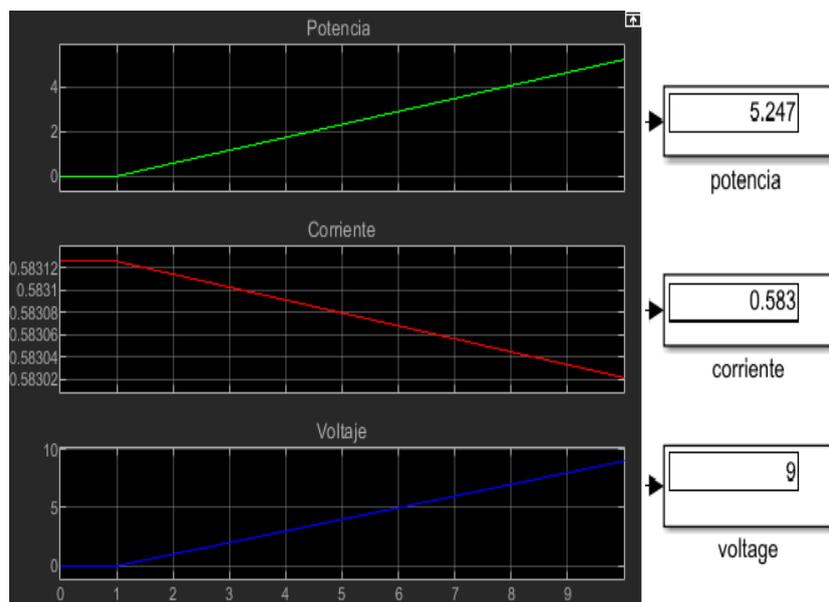


Figura 115 Resultados de montpelier, estados unidos

Pittsburg, Estados Unidos

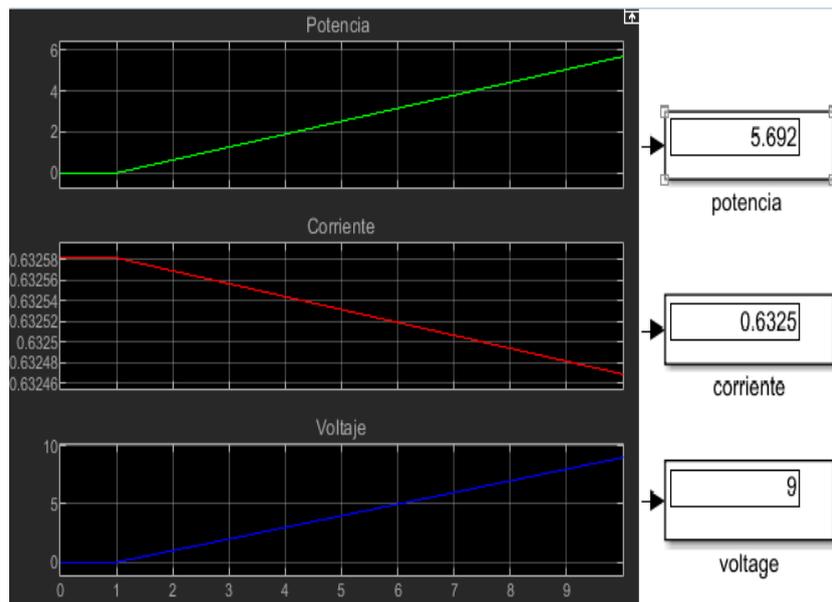


Figura 116 Resultados de pittsburg, estados unidos

Berlín, Alemania

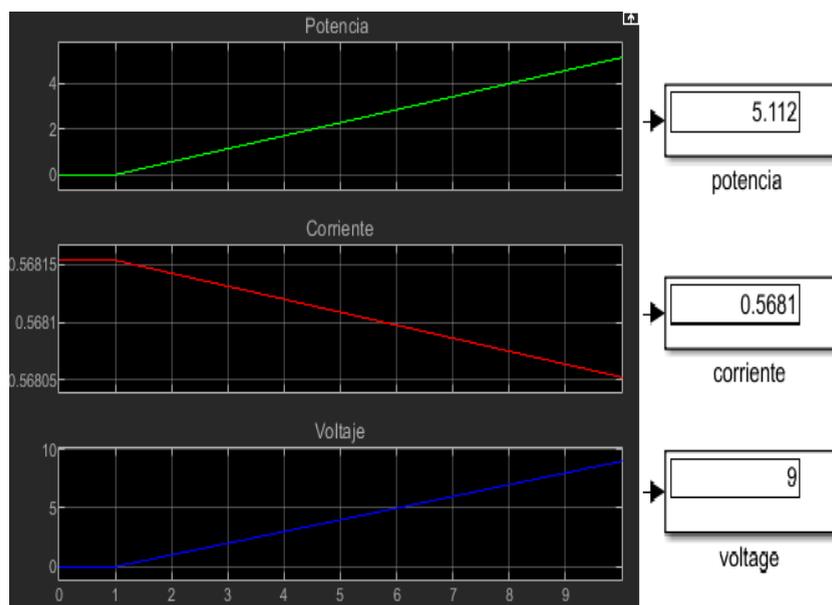


Figura 117 Resultados de berlin, alemania

San Petersburgo, Rusia

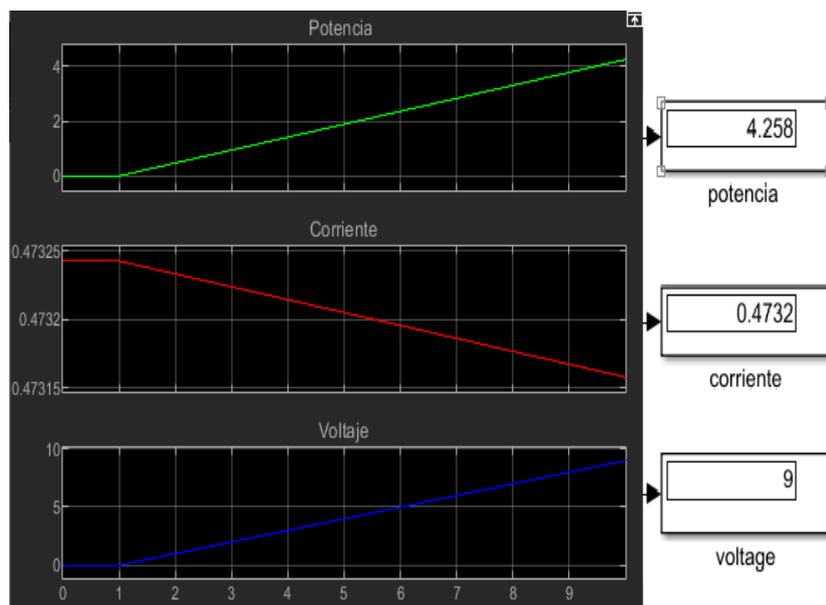


Figura 118 Resultados de san petersburgo, rusia

Ekaterimburgo, Rusia

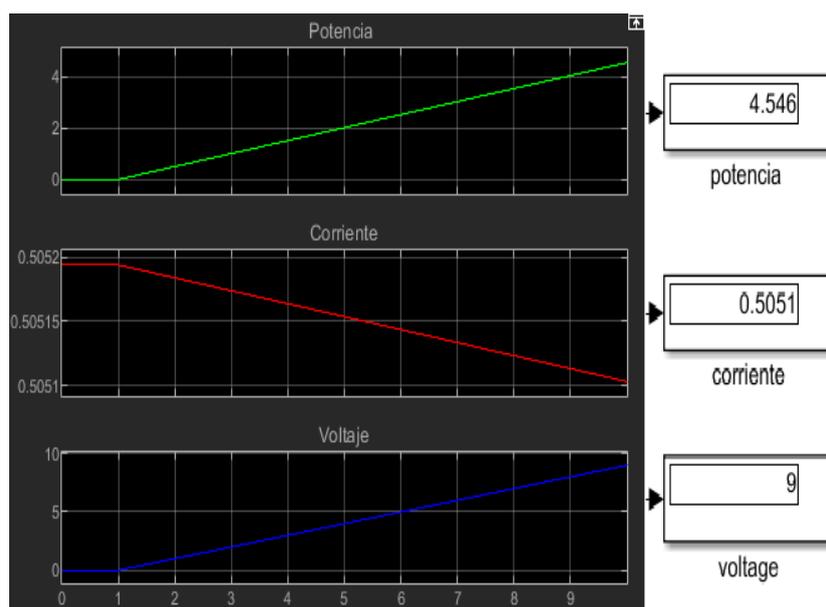


Figura 119 Resultados de Ekaterimburgo, Rusia

ANEXOS 5: SIMULACIÓN CON DATOS NACIONALES (REGIÓN SIERRA)

Las siguientes ciudades de la sierra ecuatoriana fueron tomadas como estudio previo a la ubicación, donde estas ciudades se encuentran a una latitud sobre el nivel del mar de los 1800 m o menor, hasta los 6268 m como punto más alto la cima del Chimborazo

El cantón Pedro Moncayo, Pichincha-Ecuador se encuentra entre 1.730 y 2.952 m.s.n.m

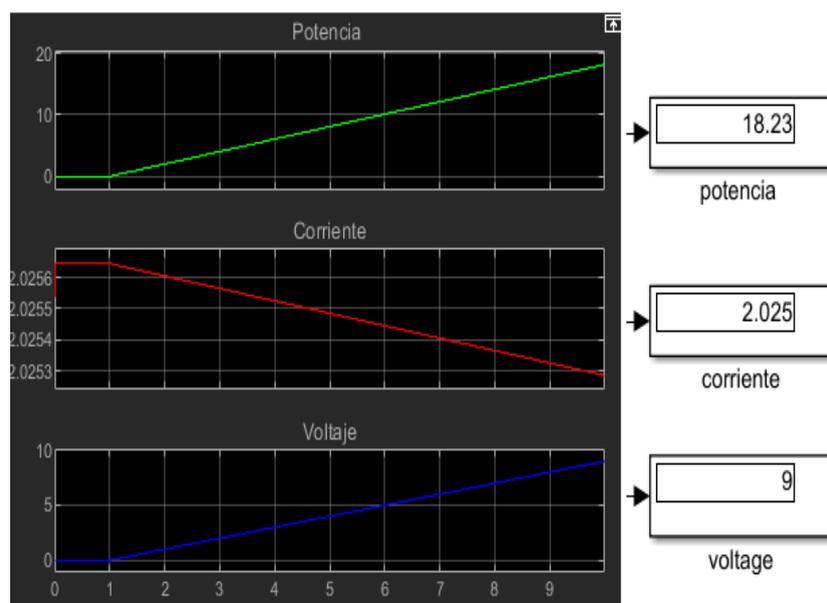


Figura 120 Resultados de pedro moncayo, pichincha-ecuador

El canton Mejía, Pichincha-Ecuador se encuentra a 1.200 a 5.126 m.s.n.m.

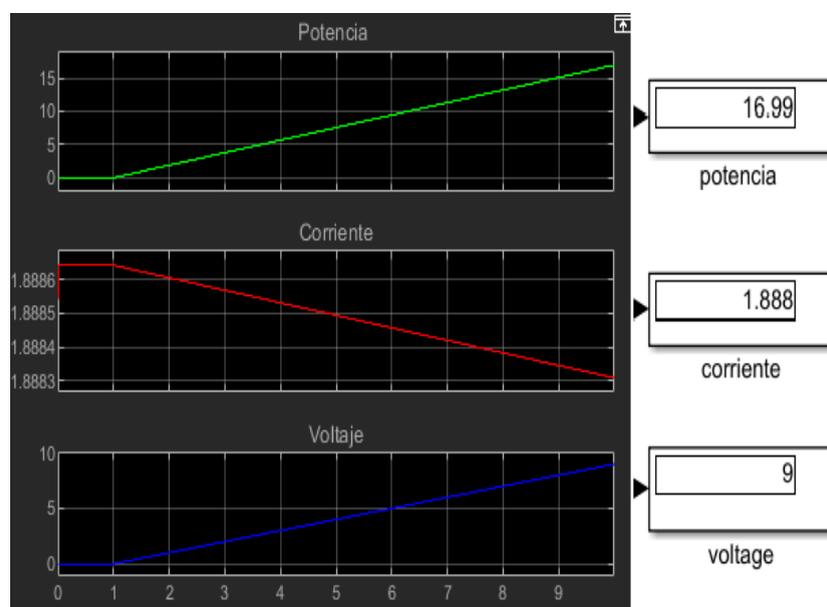


Figura 121 Resultados de mejía, pichincha-ecuador

El cantón Cayambe, Pichincha-Ecuador se encuentra a una altitud de 2.830 m.s.n.m

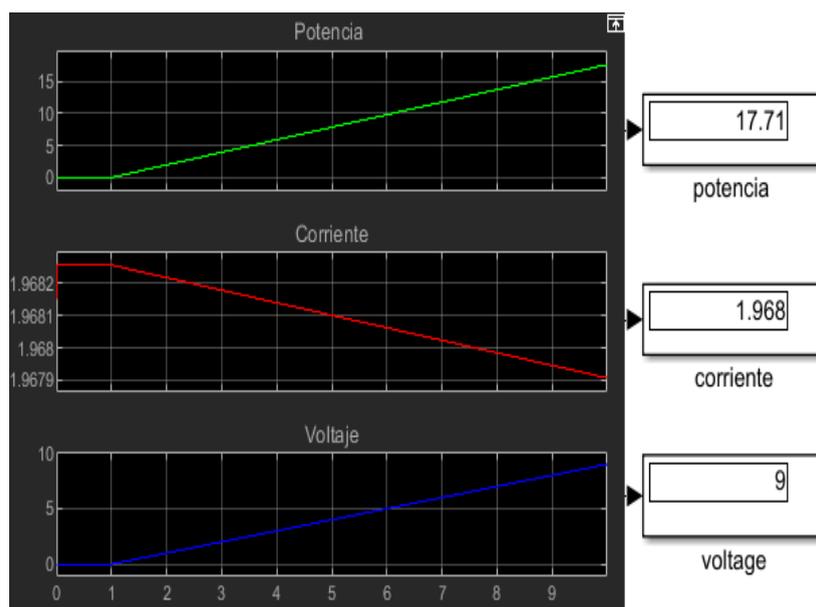


Figura 122 Resultados de cayambe, pichincha-ecuador

El cantón Pedro Vicente Maldonado, Pichincha-Ecuador se encuentra a una altitud 605 m.s.n.m.

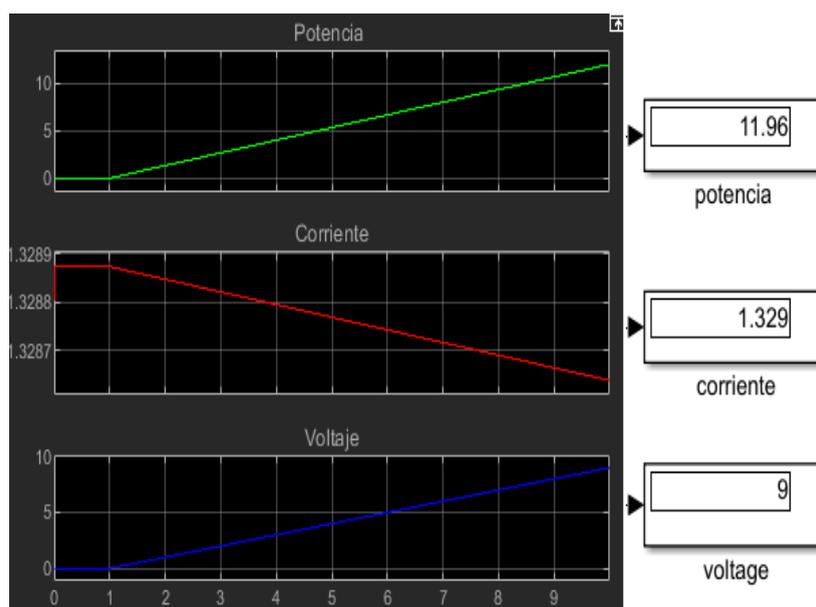


Figura 123 Resultados de pedro vicente maldonado, pichincha-ecuador

El cantón Puerto Quito, Pichincha-Ecuador se encuentra a una altitud entre los 120 y 160 m.s.n.m.

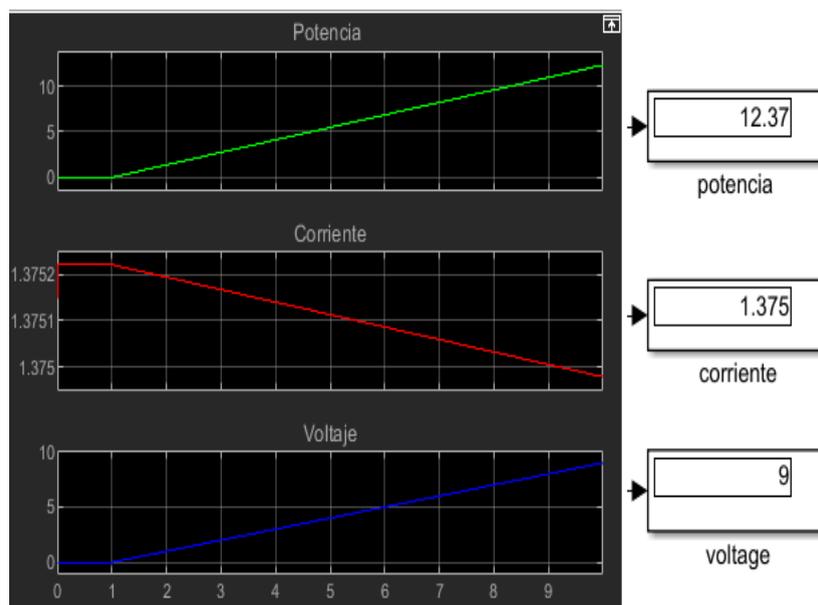


Figura 124 Resultados de puerto quito, pichincha-ecuador

El cantón Chordeleg, Azuay-Ecuador se encuentra a una altura de mínima de 2.220 m.s.n.m y en las zonas más altas de páramo esta a una altura de 3.940 m.s.n.m.

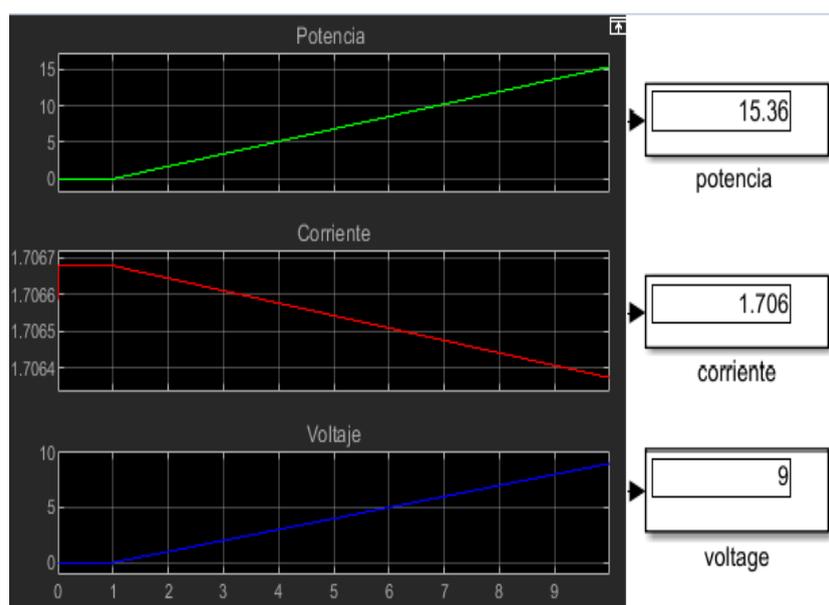


Figura 125 Resultados de chordeleg, azuay-ecuador

El cantón Pucara, Azuay-Ecuador se encuentra a una altitud de 2,400 a 3,000 m.s.n.m.

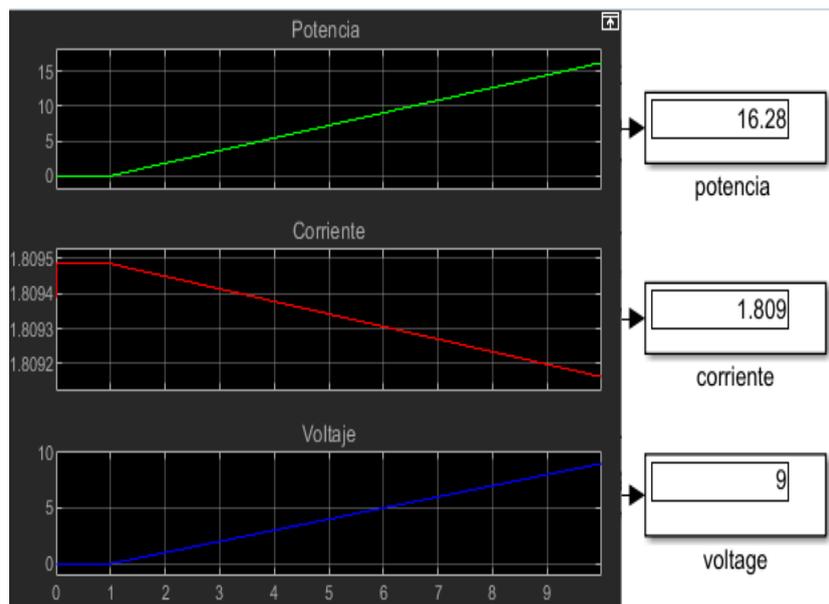


Figura 126 Resultados de pucara, azuay-ecuador

El cantón El Pan, Azuay-Ecuador se encuentra a una altitud de 2.250 m.s.n.m

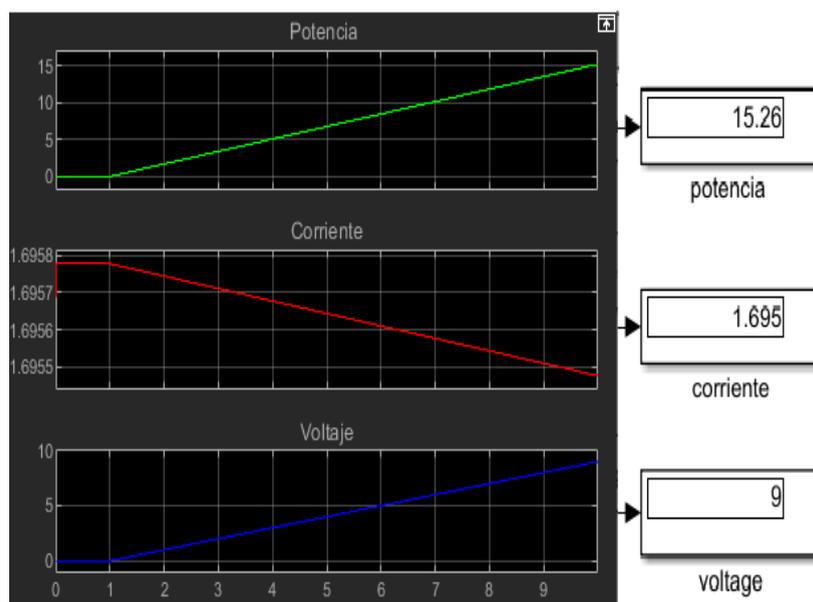


Figura 127 Resultados de el pan, azuay-ecuador

El cantón Nabón, Azuay-Ecuador se encuentra a una altitud de 2.250 m.s.n.m.

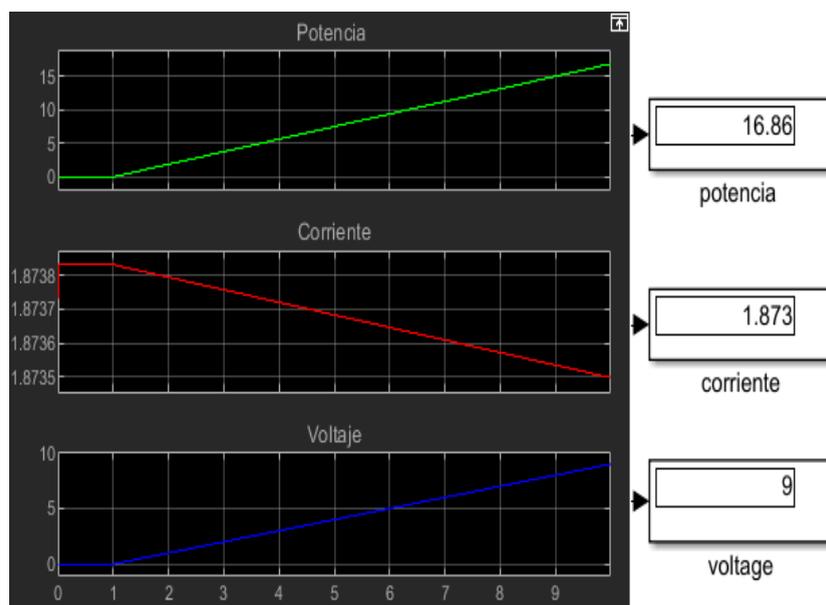


Figura 128 Resultados de nabón, azuay-ecuador

El cantón de Camilo Ponce, Azuay-Ecuador se encuentra a una altitud de 362 m.s.n.m.

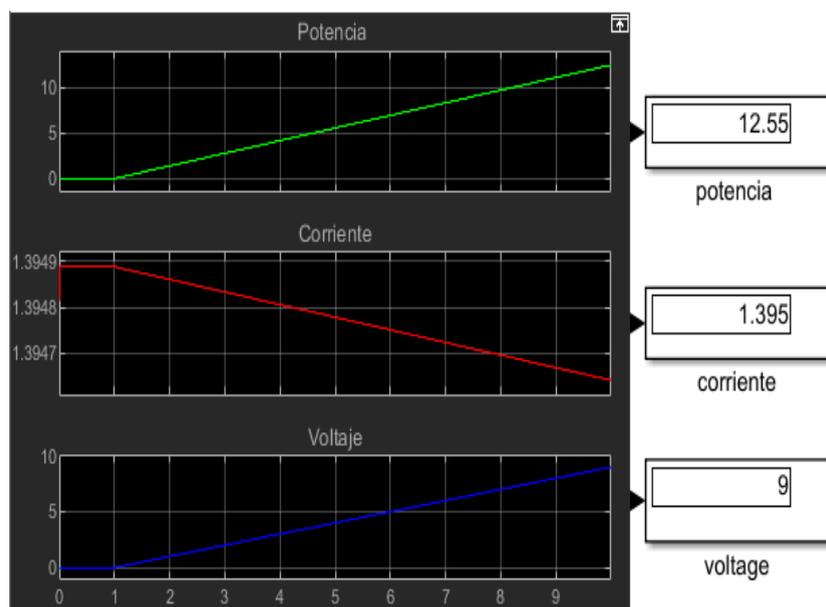


Figura 129 Resultados de camilo ponce, azuay-ecuador

ANEXOS 6: SIMULACIÓN CON DATOS NACIONALES (COSTA)

Las ciudades o cantones que se tomaron para el estudio en la región costera ecuatoriana presentan una temperatura 24.10°C y una irradiación que supera los $2.220 \text{ (kw/m}^2\text{) *día}$.

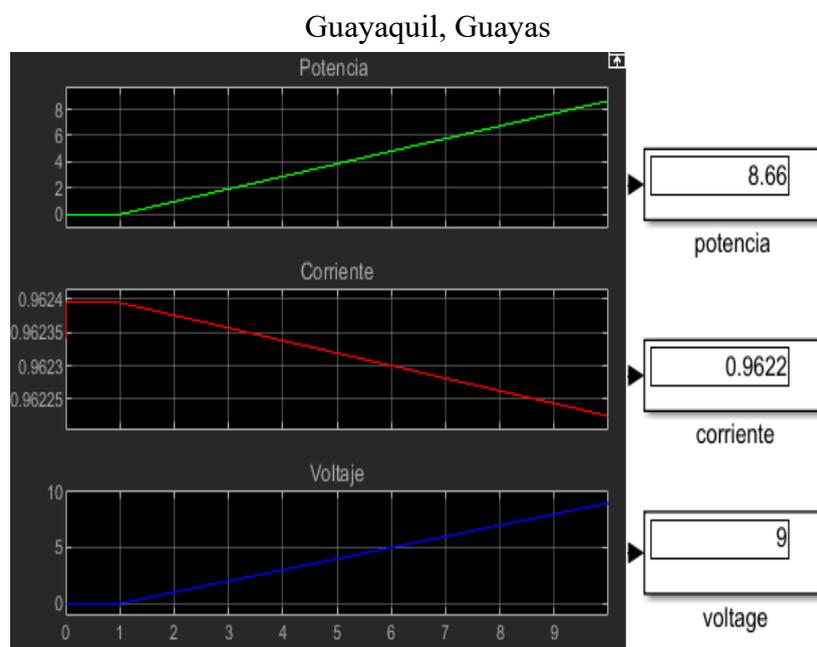


Figura 130 Resultados de Guayaquil, Guayas

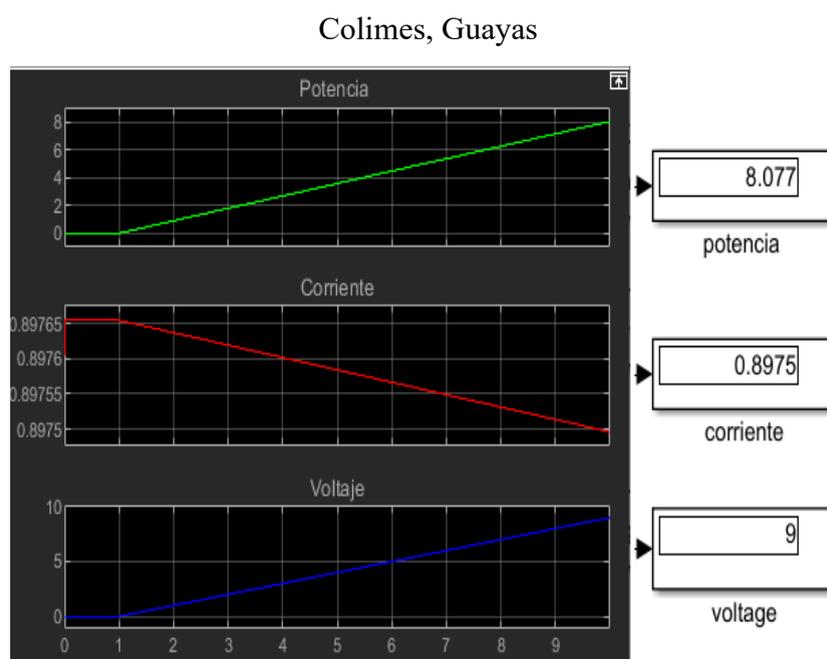


Figura 131 Resultados de colimes, guayas

Santa Lucia, Guayas

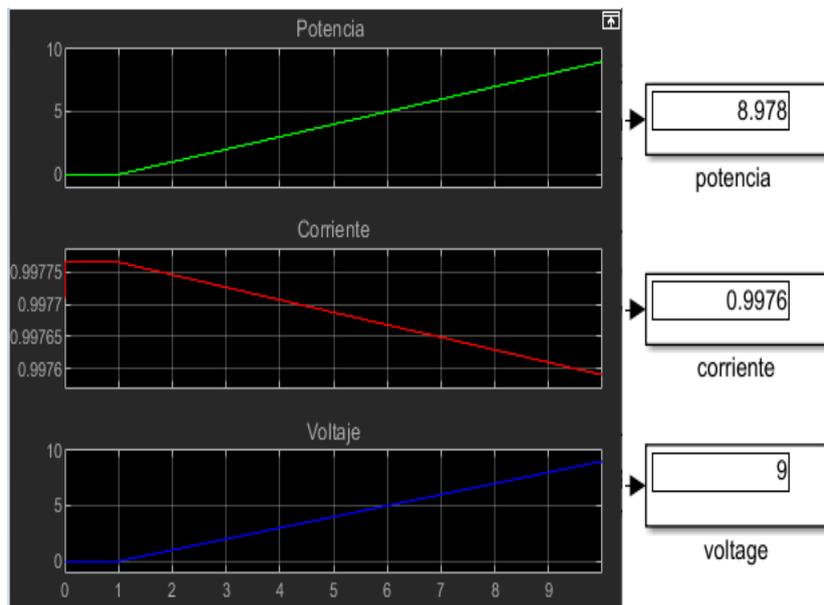


Figura 132 Resultados de santa lucia, guayas

Bucay, Guayas

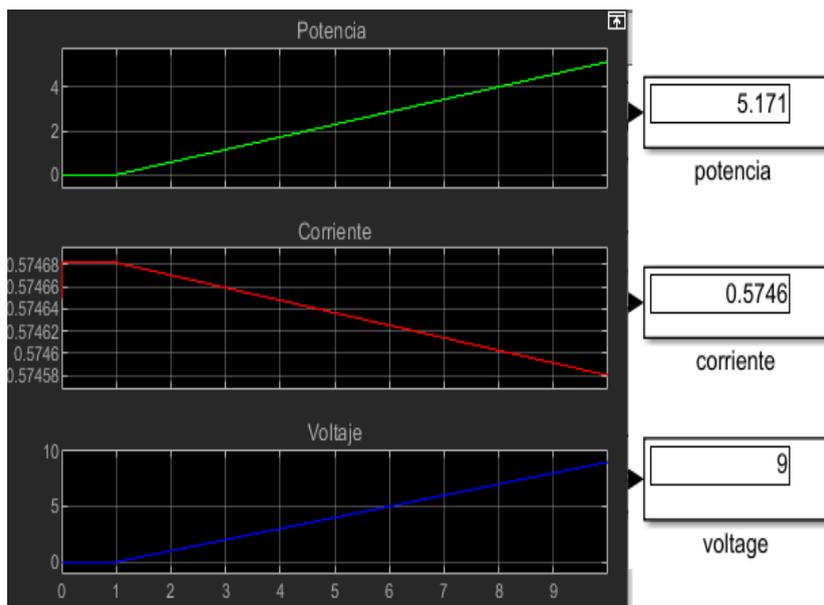


Figura 133 Resultados de bucay, guayas

Tenguel, Guayas

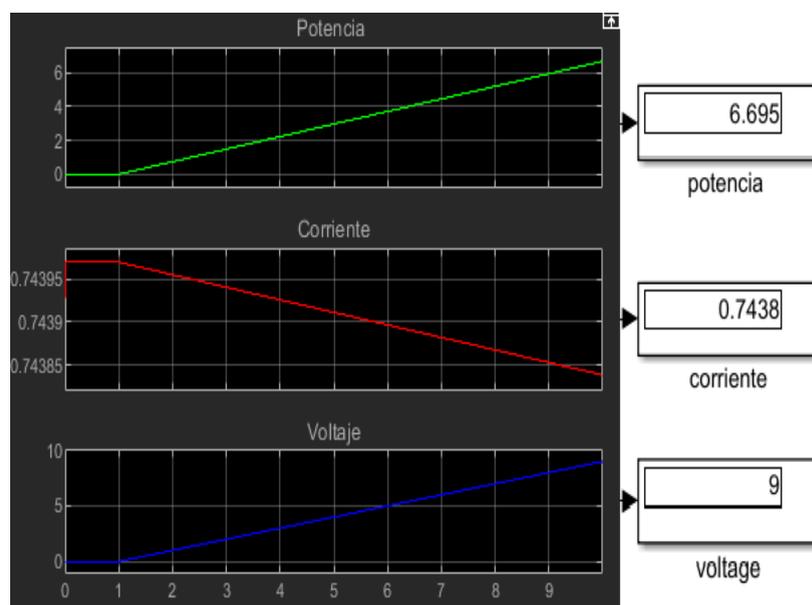


Figura 134 Resultados de tenguel, guayas

Olòn, Snta Elena

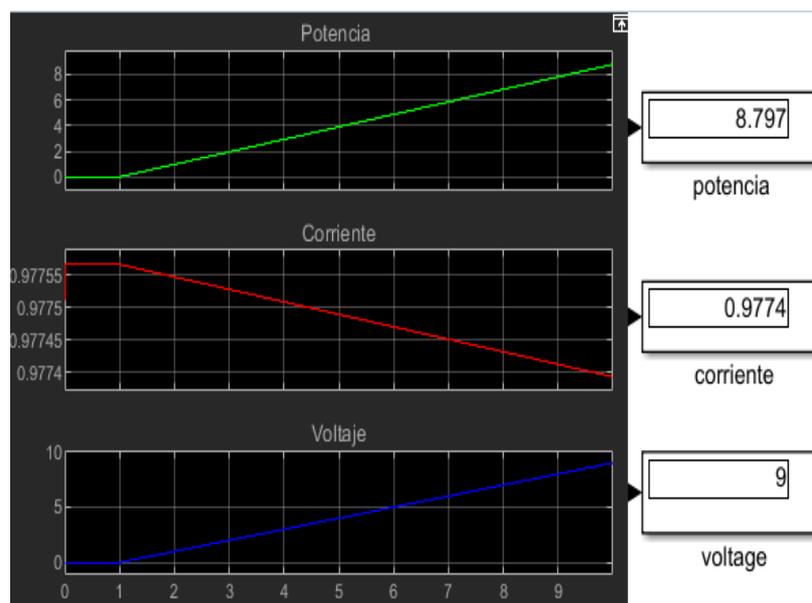


Figura 135 Resultados de olòn, snta elena

Salinas, Santa Elena

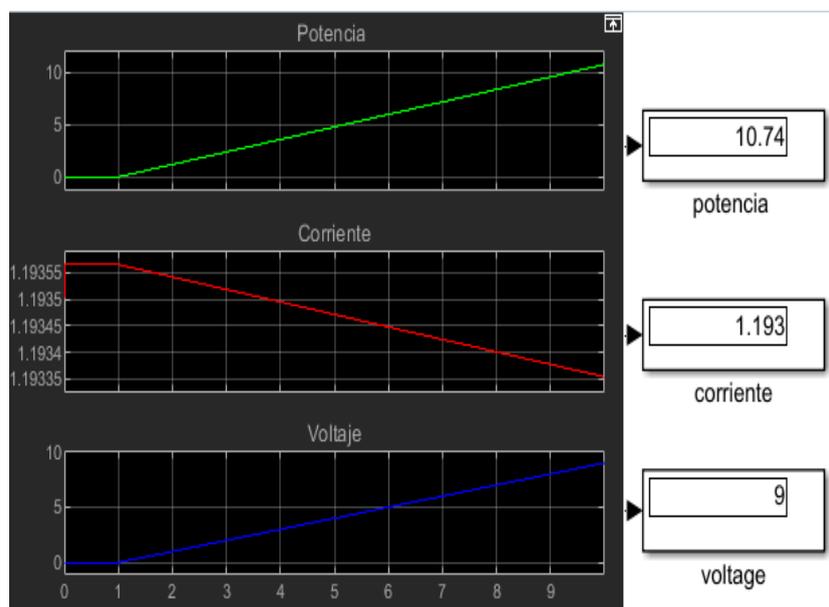


Figura 136 Resultados de salinas, santa elena

Manta, Manabi

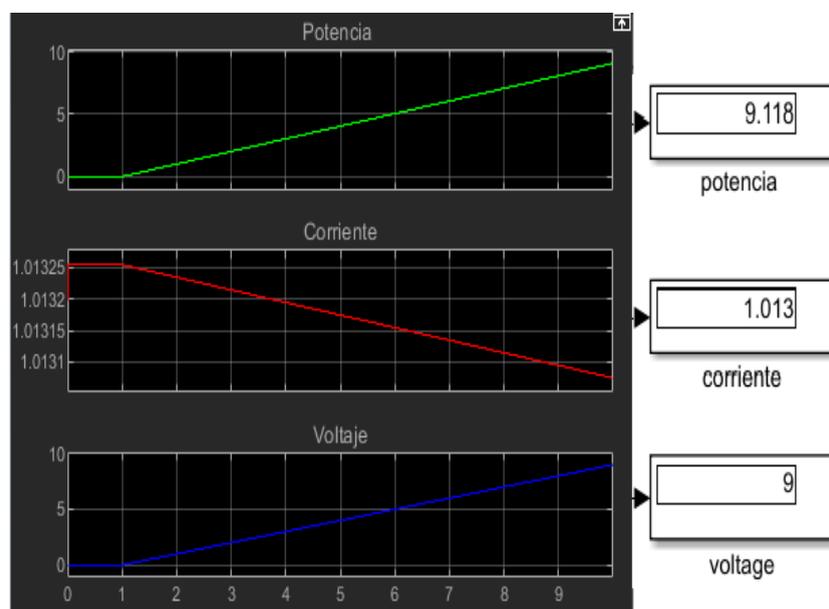


Figura 137 Resultados de manta, manabi

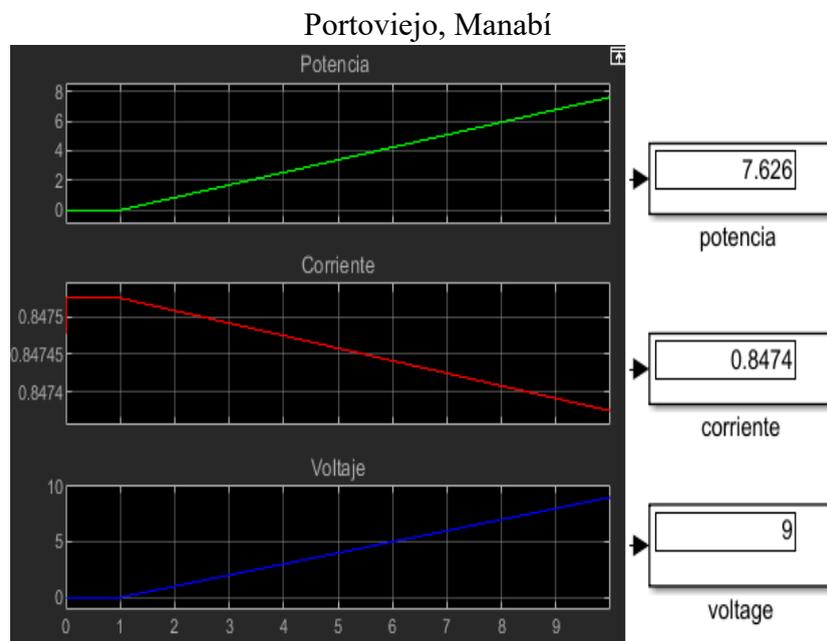


Figura 138 Resultados de portoviejo, manabí

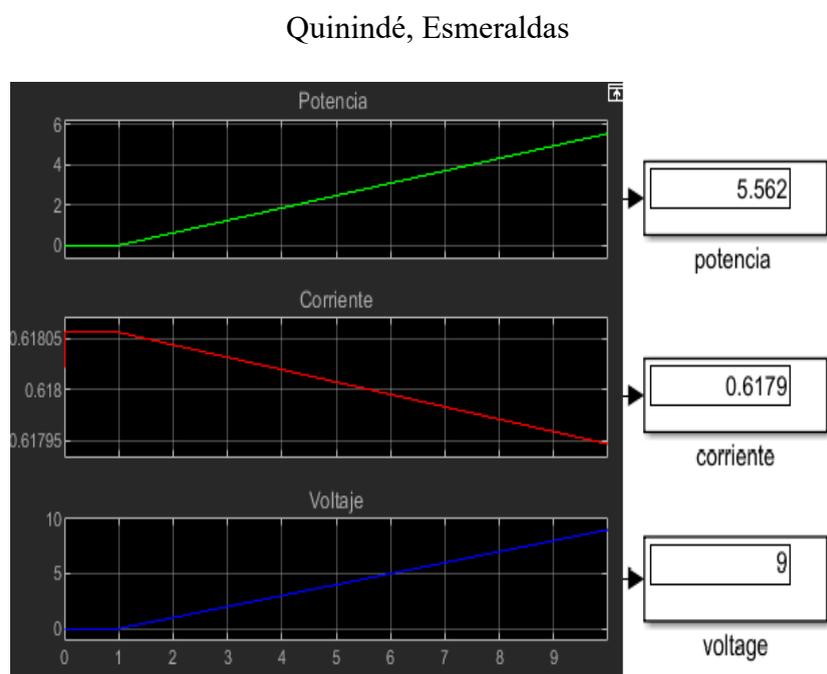


Figura 139 Resultados de quinindé, esmeraldas

ANEXOS 7: SIMULACIÓN CON DATOS NACIONALES (AMAZONIA)

Las ciudades o cantones de la región amazónica ecuatoriana presentan un clima tropical húmedo con presencia de lluvias en toda la región durante todo el año, debido a la retención de humedad por los grandes bosques amazónicos.

EL Coca, Orellana

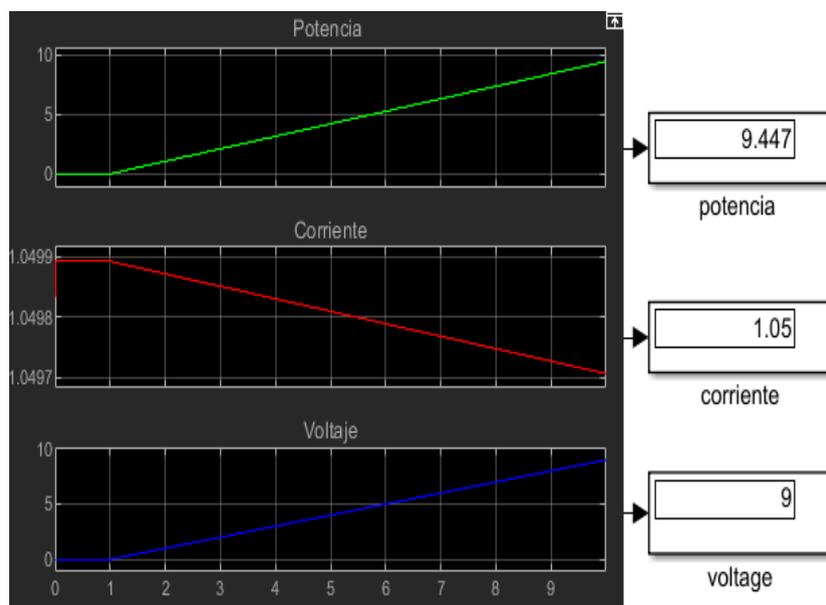


Figura 140 Resultados de el coca, orellana

Tena, Napo

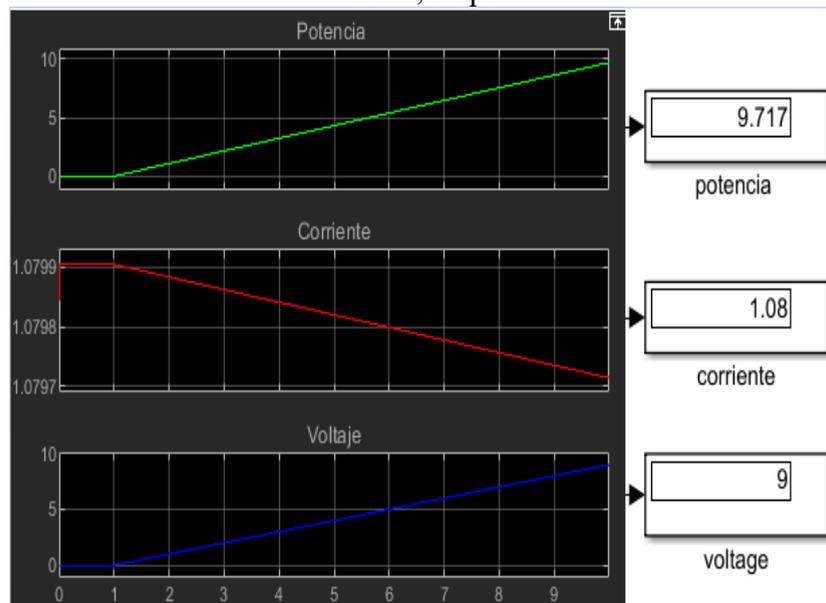


Figura 141 Resultados de tena, napo

Nueva Loja, Sucumbíos

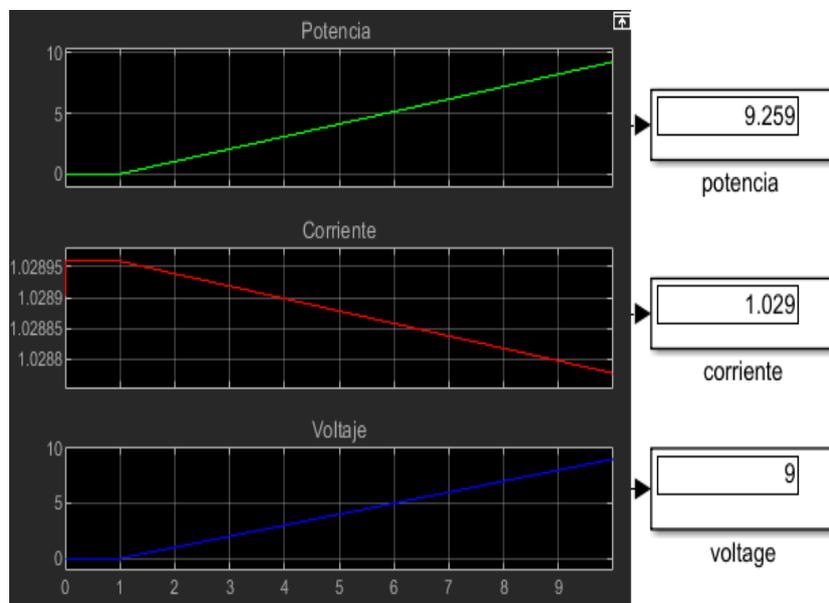


Figura 142 Resultados de nueva loja, sucumbíos

Macas, Morona Santiago

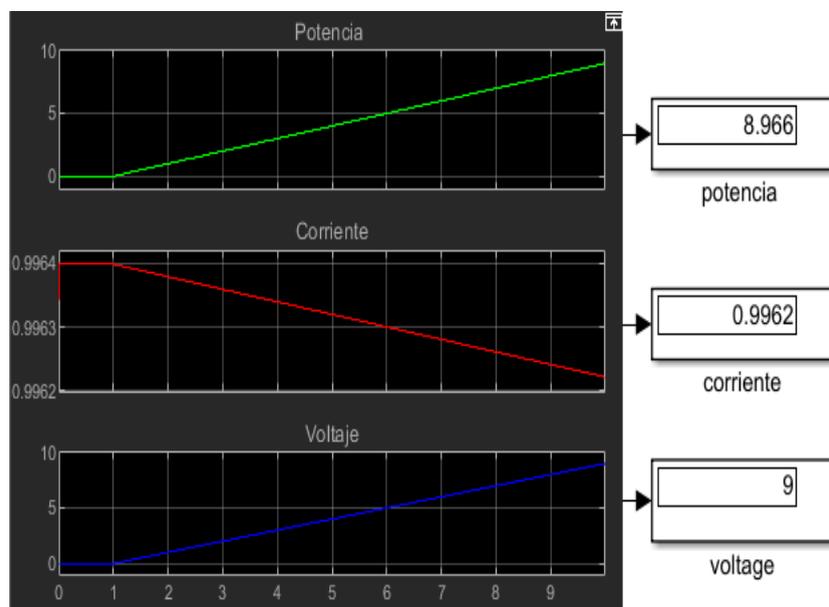


Figura 143 Macas, morona santiago

Zamora, Zamora Chinchipe

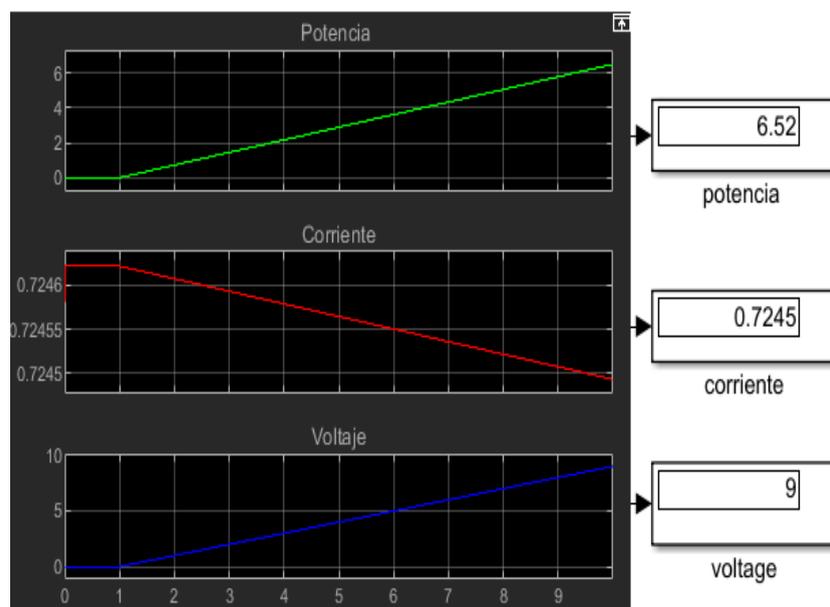


Figura 144 Resultados de zamora, zamora chinchipe

ANEXOS 8: SIMULACIÓN CON DATOS NACIONALES (Insular)

Puerto Baquerizo, Galápagos

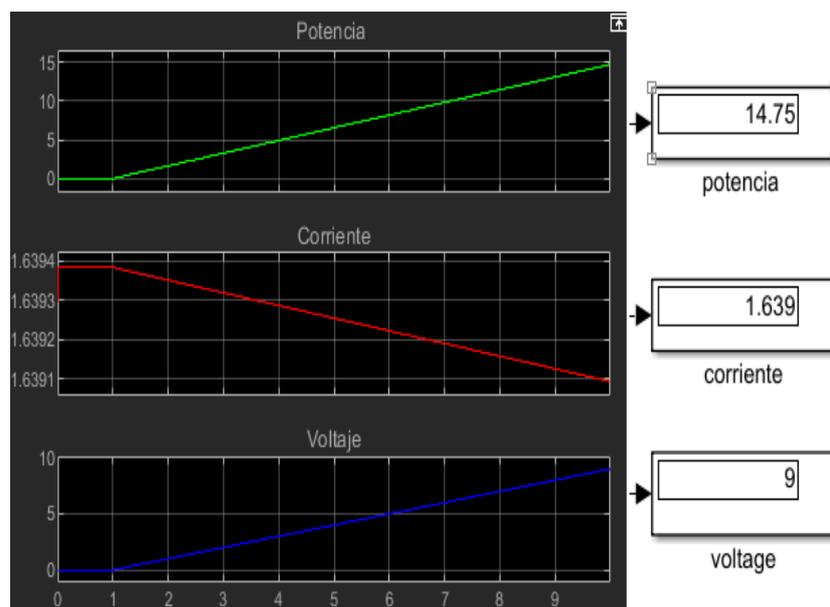


Figura 145 Resultados de puerto baquerizo, galápagos

ANEXOS 9: Pruebas realizadas en el laboratorio de generación



Figura 146 Preparación del modulo fotovoltaico

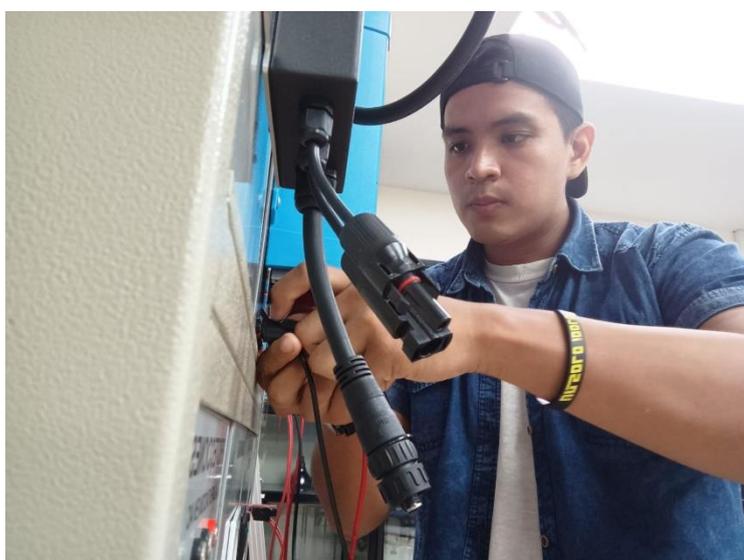


Figura 147 Conexión del módulo



Figura 148 Preparación del módulo



Figura 149 Ubicación del módulo en la terraza de la universidad



Figura 150 Pruebas realizadas con la conexión del módulo

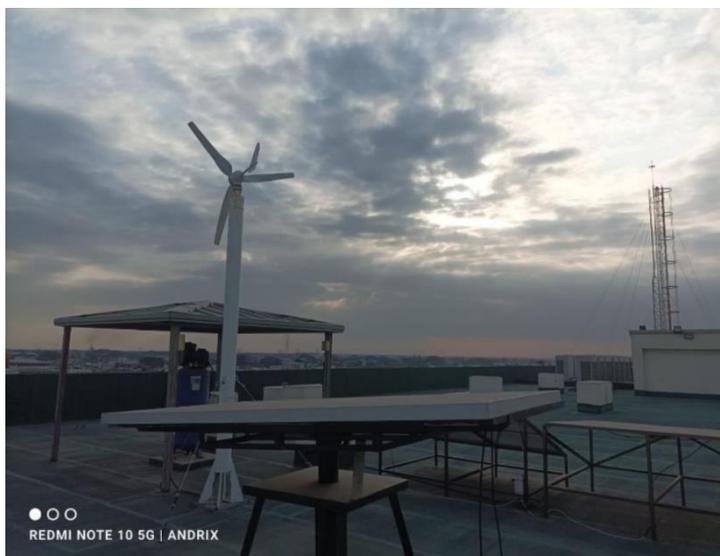


Figura 151 Panel solar ubicado en la terraza del edificio e



Figura 152 Prueba de simulación con el panel fotovoltaico en condiciones precarias



Figura 153 Prueba de simulación con el panel fotovoltaico con partículas de polvo en día nublado



Figura 154 Prueba de simulación de caída de cenizas en el panel fotovoltaico



Figura 155 Prueba de simulación de caída de nieve (hielo) en el panel fotovoltaico

ANEXOS 10: BLOQUES DE SIMULACIÓN COMPLETA

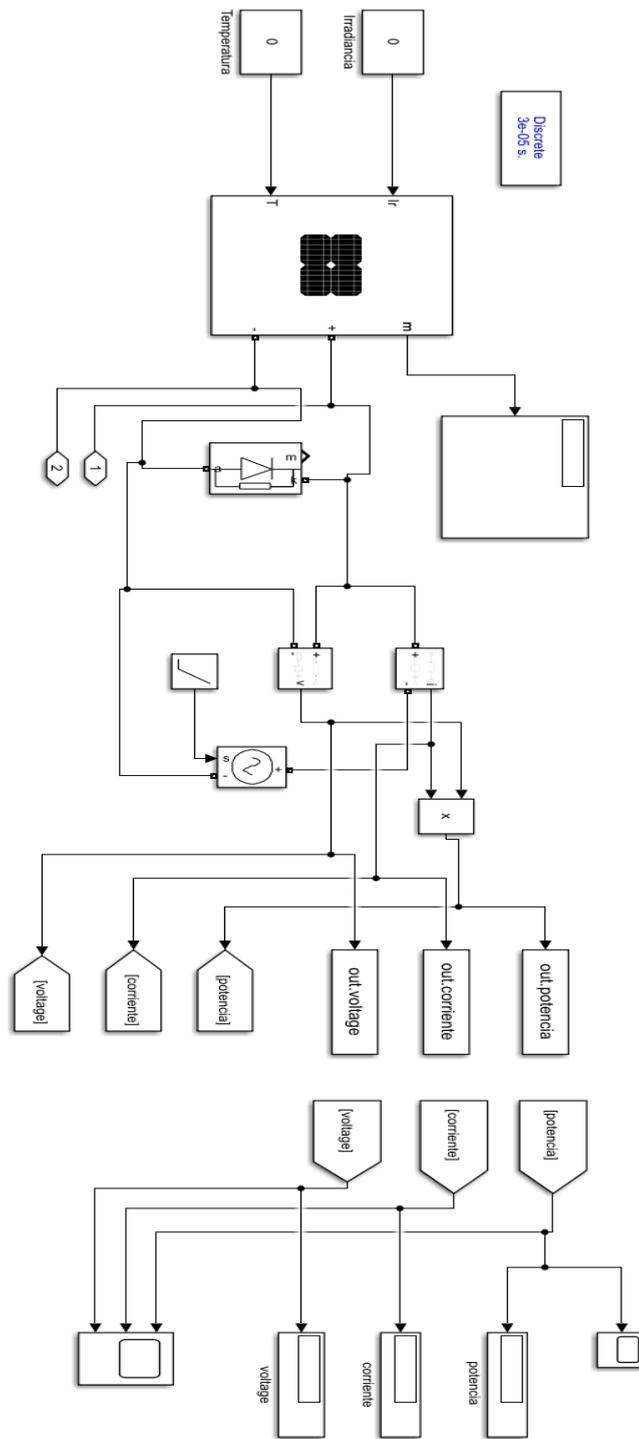


Figura 156 Bloques de simulación (simulink-matlab), [5]

Sao Paulo	Brazil	27	36	18,3	31,5	3.704	1352.0	23°34'16.4"S 46°36'35.9"W
Cancun	Mexico	17	35	35	26	5.279	1927.0	21°10'57.9"N 86°49'05.0"W
Ciudad Mexico	Mexico	13,4	30,3	22,1	21,85	5.621	2051.8	19°26'28.1"N 99°07'48.8"W
Malaga	España	13	29	23	21	5.495	2005.8	36°43'39.7"N 4°24'59.3"W
Barcelona	España	20,7	28,4	19,6	24,55	4.753	1734.8	41°23'43.3"N 2°10'50.8"E
Alicante	España	10,9	32	18	21,45	5.227	1908.0	38°20'46.3"N 0°29'10.8"W
Lisboa	Portugal	19	36	26	27,5	5.200	1898.1	38°45'01.3"N 9°07'55.6"W
El Salvador	Salvador	20	35	24,5	27,5	5.444	1986.9	13°42'31.1"N 89°11'06.9"W
Johanesburgo	Sudáfrica	17	27	33,9	22	5.862	2139.7	26°14'45.0"S 28°00'47.0"E
Darwin	Australia	30	33		31,5	5.532	2019.1	12°25'44.9"S 130°53'33.8"E
Nublado								
Lima	Perù	14,2	21,8	19	18	2.926	1067.8	12°02'43.3"S 77°03'07.7"W
Londres	Inglaterra	15	23	13,8	19	2.417	882.1	51°30'14.1"N 0°07'42.4"W
Manaos	Brazil	25	33	26,5	29	3.508	1280.5	3°08'11.5"S 59°59'35.4"W
Juneau	Alaska	-4	13	2,3	4,5	704.7	1.931	58°17'59.9"N 134°25'30.1"W
Hamburgo	Alemania	2	22	18,5	12	902.2	2.472	53°33'37.2"N 9°58'26.9"E
Nieve								
Sapporo	Japón	8	12	12	10	1.730	631.6	43°05'38.0"N 141°22'01.9"E
Toyama	Japón	5	10	7	7,5	1.857	677.7	36°44'15.5"N 137°14'15.7"E
Aomori	Japón	7	11	8,5	9	1.806	659.2	40°49'34.4"N 140°45'00.4"E
St. John's	Cànada	1	3	6,5	2	1.551	566.0	47°34'54.1"N 52°42'07.5"W
Quebec	Cànada	-12,5	19	4	3,25	1.496	546.1	46°49'46.3"N 71°15'58.6"W
Syracuse	Estados Unidos	-3	8	12	2,5	1.646	600.6	43°04'11.7"N 76°09'19.1"W
Saguenay	Canadá	0	-9	8	-4,5	1.478	539,4	48°24'49.3"N 71°04'50.9"W
Akita	Japón	5	16	11	10,5	1.814	662.0	39°43'16.7"N 140°05'42.9"E
Búfalo	Estados Unidos	6	9	9,65	7,5	1.609	587.1	42°53'57.0"N 78°51'35.2"W
Nome	Alaska	-12	-9	-2,2	-10,5	1.513	552.4	64°30'07.0"N 165°23'59.0"W
Montpelier	Estados Unidos	-1	4	7,6	1,5	1.585	578.4	44°15'33.5"N 72°34'31.0"W
Pittsburg	Estados Unidos	3	9	11	6	1.716	626.4	40°26'27.1"N 80°00'14.1"W
Berlin	Alemania	0	11	9,9	5,5	1.540	562,3	52°31'07.9"N 13°24'33.6"E
San Petersburgo	Rusia	-2	-7	6,5	-4,5	1.292	471.6	59°58'07.3"N 30°23'17.2"E
Ekaterimburgo	Rusia	-3	-12	2,6	-7,5	1.382	504.4	56°46'04.4"N 60°48'15.9"E

		Region							
		Sierra							
Pedro Moncayo	Pichincha- Ecuador	10	20	15.1	15.1	5.471	1996.8	0°04'44.7"N 78°15'15.1"W	
Mejía	Pichincha- Ecuador	8	19	13.5	13.1	5.103	1876.5	0°28'31.7"S 78°38'18.6"W	
Cayambe	Pichincha- Ecuador	10	20	13.7	13.7	5.316	1711.7	0°02'17.6"N 78°08'52.3"W	
Pedro Vicente Maldonado	Pichincha- Ecuador	16	25	23.8	23.8	3.582	1307.8	0°05'03.2"N 79°02'59.1"W	
Puerto Quito	Pichincha- Ecuador	17	27	25.1	25.1	3.704	1351.9	0°07'17.6"N 79°15'14.5"W	
Chordeleg	Azuay- Ecuador	7	17	13.3	13.4	4.615	1694.5	2°55'30.3"S 78°46'36.0"W	
Pucara	Azuay- Ecuador	12	17	12.5	12.5	4.893	1570	3°13'08.5"S 79°28'08.5"W	
El Pan	Azuay- Ecuador	12	25	11.4	11.4	4.571	1462.3	2°47'19.4"S 78°40'04.3"W	
Nabón	Azuay- Ecuador	7	17	14.9	14.2	5.067	1706.6	3°20'11.7"S 79°03'46.2"W	
Camilo Ponce	Azuay- Ecuador	19	29	24.8	24.8	3.754	1290.3	3°03'46.4"S 79°44'43.7"W	
		Region							
		costa							
Guayaquil	Guayas	21	31	26,3	26	2.588	944.7	2°09'27.3"S 79°54'44.9"W	
Colimes	Guayas	21	33	25,5	27	2.412	880.3	1°32'45.9"S 80°00'40.2"W	
Santa Lucia	Guayas	20	33	25,6	26,5	2.681	978,4	1°42'59.0"S 79°58'48.8"W	
Bucay	Guayas	21	30	24.1	25,5	1.546	564.5	2°11'43.3"S 79°10'23.8"W	
Tenguel	Guayas	26	28	23.8	27	2.003	730.9	2°59'46.3"S 79°47'26.9"W	
Olòn	Snta Elena	22	26	23.8	24	2.634	961.5	1°47'56.0"S 80°45'27.1"W	
Salinas	Snta Elena	22	26	22.8	24	3.216	1174.0	2°12'58.4"S 80°57'23.3"W	
Manta	Manabi	26	28	24.5	27	2.728	995.6	0°58'13.6"S 80°42'32.0"W	
Portoviejo	Manabi	29	30	25,1	29,5	2.280	832.3	1°03'12.5"S 80°27'46.5"W	
Quininde	Esmeraldas	22	28	25.2	25	1.664	607.5	0°19'34.0"N 79°27'54.2"W	
EL Coca	Orellana	23	25	25.2	24	2.830	1033.1	0°27'19.5"S 76°59'35.8"W	
Tena	Napo	28	31	24.2	29,5	2.904	1060.0	1°00'05.3"S 77°48'40.1"W	
Nueva Loja	Sucumbios	26	31	24.8	28,5	2.767	1010.0	0°05'17.6"N 76°53'14.7"W	
Macas	Morona Santiago	20	22	21.7	21	2.689	981.6	2°18'17.0"S 78°07'11.3"W	
Zamora	Zamora Chinchipe	17	24	20.2	20,5	1.954	713.0	4°03'51.7"S 78°56'48.0"W	
Puerto Baquerizo	Galapagos	25	29	24.7	27	4.412	1610.4	0°54'16.4"S 89°36'35.4"W	