

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO

CARRERA:
INGENIERÍA ELÉCTRICA

TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:
INGENIERO ELÉCTRICO

TEMA:
UBICACIÓN ÓPTIMA GEORREFERENCIADA DE CENTRALES DE
GENERACIÓN FOTOVOLTAICA CONSIDERANDO RESTRICCIONES DE
RADIACIÓN SOLAR Y TEMPERATURA

AUTOR:
ANGEL JAVIER SEGARRA POMA

TUTOR:
ING. DIEGO FRANCISCO CARRIÓN GALARZA

Quito, febrero del 2022

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Yo, Angel Javier Segarra Poma, con documento de identificación N.º 1726780792, manifiesto mi voluntad y cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del trabajo de titulación: *UBICACIÓN ÓPTIMA GEORREFERENCIADA DE CENTRALES DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICA CONSIDERANDO RESTRICCIONES DE RADIACIÓN SOLAR Y TEMPERATURA*, mismo que 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 la aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito D.M., febrero del 2022



Angel Javier Segarra Poma.

CI. 1726780792.

DECLARACIÓN DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR

Yo, Diego Francisco Carrión Galarza declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el Proyecto Técnico, *UBICACIÓN ÓPTIMA GEORREFERENCIADA DE CENTRALES DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICA CONSIDERANDO RESTRICCIONES DE RADIACIÓN SOLAR Y TEMPERATURA*, realizado por Angel Javier Segarra Poma, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana, para ser considerado como trabajo final de titulación.

Quito D.M., febrero del 2022



Diego Francisco Carrión Galarza
CI. 1713703062.

DEDICATORIA

A mis padres Angel y Rosa quienes desde pequeño me han formado para llegar a cumplir mis metas hasta este día.

A mis hermanos Carlos y Saida que me apoyaron en todo sentido mientras cursaba mi carrera universitaria y mi vida en general.

A mi novia Guiselle quien ha sido mi soporte en los momentos más difíciles de mi vida y a quien busco enorgullecer en la posteridad.

Finalmente, a mis amigos que siempre confiaron en mí y me acompañaron en todo momento.

AGRADECIMIENTO

Principalmente agradecido con Dios por haberme encaminado en esta maravillosa carrera, a mi hermana Saida porque jamás permitió que me rinda ni de un paso atrás.

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 cumplir mis objetivos.

Finalmente, a mi tutor el Ingeniero Diego que me enseñó a siempre apuntar más alto.

ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS.....	VII
ÍNDICE DE TABLAS	XII
RESUMEN.....	XIII
ABSTRACT.....	XIV
INTRODUCCIÓN.	XV
CAPITULO 1: GENERALIDADES.	16
1.1. Recurso solar.....	16
1.2. Sistemas fotovoltaicos.....	16
1.3. Generación distribuida.	18
1.4. Eficiencia energética	20
1.5. Planteamiento del problema.....	20
1.6. Justificación.....	22
1.7. Alcance.....	23
1.8. Objetivos.	23
CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....	25
2.1. Efectos de la temperatura en la eficiencia.....	25
2.2. Impacto en sistemas fotovoltaicos a causa de condiciones ambientales.....	26
2.3. Temperatura en el módulo fotovoltaico	29
2.4. Modelos matemáticos.....	29
CAPITULO 3: MARCO METODOLÓGICO.....	31
3.1. Validación de información.....	31
3.2. Localidad y población	31
3.3. Temperatura local.....	33
3.4. Radiación solar.....	40
3.5. Demanda	41

3.6.	Horas solar pico.....	42
3.7.	Velocidad del viento	42
3.8.	Sombreado	43
3.9.	Ángulo de inclinación	44
CAPÍTULO 4: RESULTADOS.....		45
4.1.	Criterio de selección de localidades.....	45
4.2.	Despliegue de mapas.....	47
CAPITULO 5: CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS.....		98
5.1.	Conclusiones.....	98
5.2.	Trabajos futuros.....	99
REFERENCIAS.....		100

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Componentes y esquema, sistema fotovoltaico aislado.	17
Figura 2. Componentes y esquema, sistema fotovoltaico conectado a la red.....	18
Figura 3. Temperatura en el voltaje y potencia en módulos fotovoltaicos.	27
Figura 4. Mapa región sierra del Ecuador.....	32
Figura 5. Mapa de temperatura promedio del Ecuador.....	33
Figura 6. Órbita terrestre alrededor del sol.	40
Figura 7. Elementos de la radiación solar	41
Figura 8. Temperaturas promedio de la provincia del Carchi.....	47
Figura 9. Mapa de localidad seleccionada en el cantón Tulcán.....	48
Figura 10. Mapa de localidad seleccionada en el cantón El Angel.....	48
Figura 11. Mapa de localidad seleccionada cantón San Pedro De Huaca.	49
Figura 12. Mapa de localidad seleccionada en el cantón San Gabriel.....	49
Figura 13. Mapa de localidad seleccionada en el cantón Mira.	50
Figura 14. Mapa de localidad seleccionada en el cantón Bolívar.....	50
Figura 15. Temperaturas promedio de la provincia de Imbabura	51
Figura 16. Mapa de localidad seleccionada en el cantón Ibarra.	51
Figura 17. Mapa de localidad seleccionada cantón San Miguel De Urcuqui.	52
Figura 18. Mapa de localidad seleccionada en el cantón Pimampiro.	52
Figura 19. Mapa de localidad seleccionada en el cantón Otavalo.	53
Figura 20. Mapa de localidad seleccionada en el cantón Antonio Ante.....	53
Figura 21. Mapa de localidad seleccionada en el cantón Cotacachi.....	54
Figura 22. Temperaturas promedio de la provincia de Pichincha.....	54
Figura 23. Mapa de localidad seleccionada en el cantón Quito.....	55
Figura 24. Mapa de localidad seleccionada en el cantón Rumiñahui.....	55
Figura 25. Mapa de localidad seleccionada en el cantón Pedro Moncayo	56

Figura 26. Mapa de localidad seleccionada en el cantón Mejía.....	56
Figura 27. Mapa de localidad seleccionada en el cantón Cayambe.....	57
Figura 28. Mapa de localidad seleccionada cantón Pedro Vicente Maldonado.....	57
Figura 29. Mapa de localidad seleccionada cantón San Miguel de los Bancos.....	58
Figura 30. Mapa de localidad seleccionada en el cantón Puerto Quito.	58
Figura 31. Temperaturas promedio de la provincia de Imbabura	59
Figura 32. Mapa de localidad seleccionada en el cantón La Maná.	59
Figura 33. Mapa de localidad seleccionada en el cantón Pangua.	60
Figura 34. Mapa de localidad seleccionada en el cantón Sigchos.	60
Figura 35. Mapa de localidad seleccionada en el cantón Pujilí.	61
Figura 36. Mapa de localidad seleccionada en el cantón Saquisilí.....	61
Figura 37. Mapa de localidad seleccionada en el cantón Latacunga.	62
Figura 38. Mapa de localidad seleccionada en el cantón Salcedo.	62
Figura 39. Temperaturas promedio de la provincia de Bolívar.	63
Figura 40. Mapa de localidad seleccionada en el cantón Salcedo.	63
Figura 41. Mapa de localidad seleccionada en el cantón Guaranda.	64
Figura 42. Mapa de localidad seleccionada en el cantón Chimbo.....	64
Figura 43. Mapa de localidad seleccionada en el cantón Chillanes.....	65
Figura 44. Mapa de localidad seleccionada en el cantón Las Naves.	65
Figura 45. Mapa de localidad seleccionada en el cantón Echandía.	66
Figura 46. Mapa de localidad seleccionada en el cantón Caluma.	66
Figura 47. Temperaturas promedio de la provincia de Tungurahua.....	67
Figura 48. Mapa de localidad seleccionada en el cantón Quero.....	67
Figura 49. Mapa de localidad seleccionada en el cantón Píllaro	68
Figura 50. Mapa de localidad seleccionada en el cantón Pelileo.....	68
Figura 51. Mapa de localidad seleccionada en el cantón Patate.	69
Figura 52. Mapa de localidad seleccionada cantón Baños de Agua Santa.	69

Figura 53. Mapa de localidad seleccionada en el cantón Ambato.....	70
Figura 54. Mapa de localidad seleccionada en el cantón Ambato.....	70
Figura 55. Mapa de localidad seleccionada en el cantón Mocha.....	71
Figura 56. Mapa de localidad seleccionada en el cantón Tisaleo.....	71
Figura 57. Temperaturas promedio de la provincia de Chimborazo	72
Figura 58. Mapa de localidad seleccionada en el cantón Riobamba.	72
Figura 59. Mapa de localidad seleccionada en el cantón Guano.	73
Figura 60. Mapa de localidad seleccionada en el cantón Guamote.	73
Figura 61. Mapa de localidad seleccionada en el cantón Colta.	74
Figura 62. Mapa de localidad seleccionada en el cantón Chunchi.	74
Figura 63. Mapa de localidad seleccionada en el cantón Alausí.	75
Figura 64. Mapa de localidad seleccionada en el cantón Cumandá.	75
Figura 65. Mapa de localidad seleccionada en el cantón Pallatanga.	76
Figura 66. Mapa de localidad seleccionada en el cantón Penipe.....	76
Figura 67. Mapa de localidad seleccionada en el cantón Chambo.	77
Figura 68. Temperaturas promedio de la provincia de Cañar.....	77
Figura 69. Mapa de localidad seleccionada en el cantón Cañar.	78
Figura 70. Mapa de localidad seleccionada en el cantón Biblián.....	78
Figura 71. Mapa de localidad seleccionada en el cantón Azogues.....	79
Figura 72. Mapa de localidad seleccionada en el cantón El Tambo.....	79
Figura 73. Mapa de localidad seleccionada en el cantón La Troncal.	80
Figura 74. Mapa de localidad seleccionada en el cantón El Tambo.....	80
Figura 75. Mapa de localidad seleccionada en el cantón Suscal.	81
Figura 76. Temperaturas promedio de la provincia de Azuay.....	81
Figura 77. Mapa de localidad seleccionada en el cantón Sígsig.....	82
Figura 78. Mapa de localidad seleccionada en el cantón Suscal.	82
Figura 79. Mapa de localidad seleccionada en el cantón Paute.	83

Figura 80. Mapa de localidad seleccionada en el cantón Gualaceo.....	83
Figura 81. Mapa de localidad seleccionada en el cantón La Girón.	84
Figura 82. Mapa de localidad seleccionada en el cantón Cuenca.....	84
Figura 83. Mapa de localidad seleccionada en el cantón San Fernando.....	85
Figura 84. Mapa de localidad seleccionada en el cantón Nabón.	85
Figura 85. Mapa de localidad seleccionada en el cantón Chordeleg.	86
Figura 86. Mapa de localidad seleccionada en el cantón El Pan.	86
Figura 87. Mapa de localidad seleccionada en el cantón Sevilla de Oro.....	87
Figura 88. Mapa de localidad seleccionada en el cantón Guachapala.	87
Figura 89. Mapa de localidad seleccionada en el cantón Pucara.	88
Figura 90. Mapa de localidad seleccionada en el cantón Oña.	88
Figura 91. Mapa de localidad seleccionada cantón Camilo Ponce Enríquez.	89
Figura 92. Temperaturas promedio de la provincia de Loja.....	89
Figura 93. Mapa de localidad seleccionada en el cantón Sozoranga.	90
Figura 94. Mapa de localidad seleccionada en el cantón Saraguro.	90
Figura 95. Mapa de localidad seleccionada en el cantón Puyango.....	91
Figura 96. Mapa de localidad seleccionada en el cantón Paltas.	91
Figura 97. Mapa de localidad seleccionada en el cantón Macara.....	92
Figura 98. Mapa de localidad seleccionada en el cantón Loja.....	92
Figura 99. Mapa de localidad seleccionada en el cantón Gonzanamá.....	93
Figura 100. Mapa de localidad seleccionada en el cantón Espíndola.....	93
Figura 101. Mapa de localidad seleccionada en el cantón Celica.....	94
Figura 102. Mapa de localidad seleccionada en el cantón Catamayo.....	94
Figura 103. Mapa de localidad seleccionada en el cantón Calvas.	95
Figura 104. . Mapa de localidad seleccionada en el cantón Chaguarpamba.....	95
Figura 105. Mapa de localidad seleccionada fotovoltaico cantón Zapotillo.....	96
Figura 106. Mapa de localidad seleccionada en el cantón Pindal.....	96

Figura 107. Mapa de localidad seleccionada en el cantón Quilanga.	97
Figura 108. Mapa de localidad seleccionada en el cantón Olmedo.	97

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Efectos de la temperatura en parámetros del módulo fotovoltaico	28
Tabla 2. Simbología en modelos matemáticos investigados.	30
Tabla 3. Valores para el parámetro h	30
Tabla 4. Población por área provincias de la región sierra ecuador	32
Tabla 5. Caracterización de zonas a escoger	35

RESUMEN

El presente documento se realizó con el fin de dar a conocer como las situaciones climatológicas estacionarias de determinado sector pueden favorecer a la mejora del rendimiento general de un sistema fotovoltaico. Dado a que la energía solar fotovoltaica se basa en la generación de electricidad mediante la exposición constante de radiación solar sobre la superficie de los paneles solares, esto produce que existan grandes concentraciones de calor que afectan directamente al rendimiento del sistema fotovoltaico y a su producción de energía, es por eso por lo que se ha considerado analizar la influencia del efecto de las bajas temperaturas ambiente de ubicaciones repartidas a lo largo de la región sierra del Ecuador, a favor del sistema fotovoltaico, para lo cual, se realizó la localización georreferenciada de las zonas con presencia de baja temperatura donde se podría ubicar un sistema fotovoltaico de modo que sea beneficioso para el mismo y se pueda mitigar las consecuencias del calentamiento por la concentración del calor superficial acumulado.

Existen modelos matemáticos empleados en la creación de sistemas fotovoltaicos, pero sin embargo la gran mayoría se basa en encontrar las mejores condiciones atmosféricas donde se pueda aprovechar la máxima radiación solar y no se contempla el cómo esto afectara la producción de energía a futuro. En este trabajo se muestran los modelos matemáticos que integran la presencia de las bajas temperaturas y que a criterio del autor deberían ser considerados en el estudio futuros proyectos fotovoltaicos que puedan beneficiarse de las condiciones atmosféricas ideales en conjunto con el fin de prolongar su vida útil y rendimiento.

Dentro del documento se puede observar el despliegue de mapas georreferenciados donde la presencia de criterios como la población, alta radiación solar y temperaturas frías podrían ser mayormente aprovechados en la creación de sistemas fotovoltaicos que contribuyan a la satisfacción de necesidades energéticas existentes.

Palabras clave: Energía solar fotovoltaica, Efectos de la temperatura, Sistema fotovoltaico, temperatura superficial.

ABSTRACT

This document was made to make known how the stationary climatological situations of a certain sector can favor the improvement of the general performance of a photovoltaic system. Since photovoltaic solar energy is based on the generation of electricity through the constant exposure of solar radiation on the surface of the solar panels, it produces large concentrations of heat that directly disconnect the performance of the photovoltaic system and energy production, is for this reason, it has been considered to analyze the influence of the effect of low ambient temperatures of rest distributed throughout the mountainous region of Ecuador, in favor of the photovoltaic system, for which, the georeferenced location of the areas with the presence of low temperature where a photovoltaic system could be located in a way that is better for it and reduces the consequences of heating by the concentration of accumulated surface heat.

There are mathematicians employed in the creation of photovoltaic systems, but nevertheless the vast majority are based on models to find the best environmental conditions where maximum solar radiation can be used and how this will affect future energy production is not considered. This work shows the mathematical models that integrate the presence of low temperatures and that, in the author's opinion, should be considered in the study of future photovoltaic projects that can enhance the ideal atmospheric conditions to prolong their useful life and performance. Within the document, the use of georeferenced maps can be observed where the presence of criteria such as population, high solar radiation and cold temperatures could be mainly used in the creation of photovoltaic systems that contribute to the satisfaction of existing energy needs.

Key words: Photovoltaic solar energy, Effects of Temperature, Photovoltaic system, surface temperature.

INTRODUCCIÓN.

Desde hace décadas y en la actualidad, se ha realizado grandes esfuerzos por reducir la huella de carbono generada a partir de la quema de combustibles fósiles como principal fuente en la generación de energía eléctrica, por lo que varios países han tomado la decisión de optar por nuevas alternativas tecnológicas para generar energía eléctrica limpia [1]–[3].

Las energías renovables juegan un papel fundamental en este proceso de cambio, es así que mediante la utilización del sol entre otros recursos naturales se busca generar electricidad de forma limpia y amigable con el medio ambiente [1], [4]. La energía solar fotovoltaica es una alternativa ideal para contrarrestar el mal que han ocasionado los métodos tradicionales empleados para la obtención de energía eléctrica [1], [4], [5]. Siendo los sistemas fotovoltaicos estructuras relativamente fáciles de instalar [6], de bajo costo de mantenimiento y con una vida útil prolongada se garantiza que estos sistemas consigan generar a apetecibles cantidades de energía eléctrica renovable [7].

A pesar de que la tecnología empleada en los sistemas fotovoltaicos se ve limitada en cuanto al aprovechamiento de la mayor cantidad de irradiancia solar, ésta presenta grandes ventajas en relación con las fuentes de energía convencionales, y cada día se sabe más acerca del cómo mejorarla continuamente. En todo el mundo, la energía solar está creciendo a pasos agigantados para adoptar fuentes de generación de energía más pequeñas y locales [2], [8]–[12].

La optimización de sistemas fotovoltaicos es un tema de mucha conceptualización, que en dependencia del autor busca de alguna forma u otra mejorar el rendimiento de las instalaciones fotovoltaicas para hacer de esta fuente generación de energía un sustituto de las fuentes primarias de energía actuales [1], [6], [13].

Existen varios tipos de sistemas fotovoltaicos en algunos casos clasificados en base a diversos criterios (conexión, componentes, uso, montaje, ubicación, etc.) [2], [14] pero después de pasar por algunos filtros en cuanto a su constitución general, se puede decir que los sistemas solares fotovoltaicos pueden dividirse en dos grupos que son: los sistemas solares fotovoltaicos conectados a la red y los sistemas solares fotovoltaicos aislados.

CAPITULO 1: GENERALIDADES.

Dentro de la siguiente sección se abarcarán temáticas necesarias para la comprensión del estudio generalizado de sistemas fotovoltaicos y las consideraciones a tomar para emplear un recurso natural como la temperatura ambiente para potenciar el funcionamiento de los mismos.

1.1. Recurso solar

Al tratarse de sistemas fotovoltaicos, la energía obtenida a través de la radiación del sol es la fuente primaria aprovechada por el ser humano para la creación de centros de generación y consumo eléctrico [15]. Este recurso renovable puede ser aprovechado en pequeña mediana y gran escala y al ser considerado una fuente parcialmente inagotable debido a la edad estimada del sol, su uso y explotación está asegurada [16].

1.2. Sistemas fotovoltaicos.

La tecnología solar fotovoltaica se basa en el principio de conversión de radiación solar a energía eléctrica a través de la denominada célula solar, considerada como la unidad básica donde se produce este fenómeno fotovoltaico.

Los sistemas fotovoltaicos pueden ser utilizados como un amplio abanico de posibilidades en aplicaciones donde se carezca de una fuente diferente para generación de electricidad o a su vez en complementos para una red eléctrica existente, es así como surge la primera clasificación en sistemas fotovoltaicos.

1.2.1. Sistemas fotovoltaicos aislados.

Son aplicaciones de una red eléctrica que utilizan como principal fuente energética la radiación solar donde normalmente es requerido el uso de acumuladores solares o baterías como acumuladores de la energía generada por lo general empleada en pequeños consumos eléctricos en una zona determinada con una demanda no satisfecha o ausente, debido a que estas zonas se encuentran aisladas de una red por ejemplo por orografías agrestes que dificultan o directamente imposibilitan el trabajo del tendido eléctrico [17].

Este tipo de sistemas fotovoltaicos individuales, por lo general son empleados en aplicaciones de uso doméstico a nivel residencial en zonas rurales distantes de la red pública de distribución, esto debido al alto costo de integración a la misma [1] a diferencia de los sistemas de generación conectados a la red este sistema si integra dentro de sí un subsistema de almacenamiento de energía [17].

Representan un mayor costo e cuanto a su implementación y abastecimiento de energía eléctrica debido a la integración de sistemas de almacenamiento de energía eléctrica o baterías [18], debido a que por lo general son instalados con el único fin de satisfacer cierto número de necesidades específicas son equipos de consumo de capacidad considerados como de inversión recuperable a largo plazo [19]

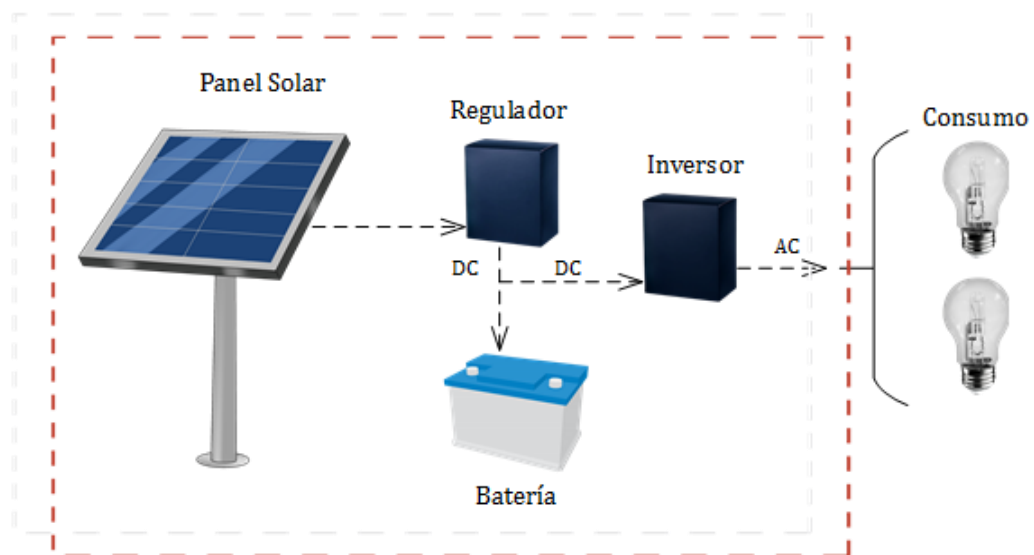


Figura 1. Componentes y esquema, sistema fotovoltaico aislado. [Autor]

1.2.2. Sistemas fotovoltaicos conectados a la red

Los sistemas fotovoltaicos conectados a la red pueden ser definidos como sistemas de generación que trabajan acoplado un inversor en paralelo a la red eléctrica convencional, [20], [21] inyectándole energía eléctrica directamente a su red eléctrica de distribución.

El dimensionamiento y el diseño de los sistemas fotovoltaicos conectados a la red y el cómo determinar la potencia de los paneles, la designación de su ángulo de inclinación como se indica en [22], son parámetros dependientes de factores un tanto distintos a los sistemas fotovoltaicos aislados. Estos sistemas fotovoltaicos no integran dentro de sí elementos de almacenamiento (baterías) debido a que toda la energía generada se inyecta a la red por lo cual su almacenamiento es innecesario [22].

Los intereses de las instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red son diferentes a las aisladas, mientras éstas (sistemas aislados) buscan continuidad y estabilidad en cuanto a su abastecimiento energético los sistemas conectados a la red buscan mejorar el abastecimiento del recurso generado y potenciar el ahorro de los costos energéticos cogenerando energía eléctrica con el sistema interconectado [23]–[25].

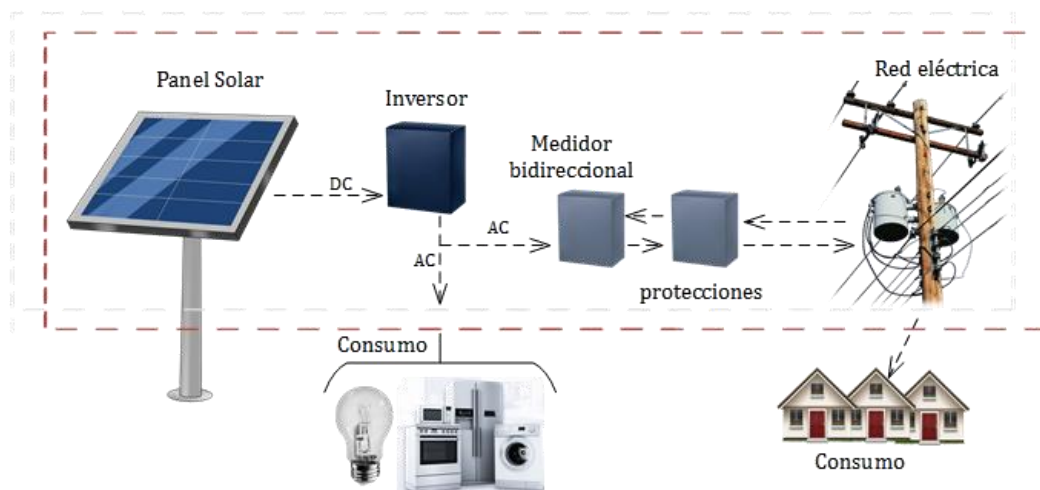


Figura 2. Componentes y esquema, sistema fotovoltaico conectado a la red. [Autor]

1.3. Generación distribuida.

A diferencia de la generación centralizada que se crea en plantas de producción previamente definidas y es transportada a través de grandes distancias (como se lo hace en la actualidad) [26] gracias a las características de la corriente alterna y el uso de transformadores que prácticamente permiten llevar energía eléctrica a cualquier lugar por más lejano que este su centro de generación, es decir las zonas de consumo están alejadas de las grandes centrales de generación pero éstas a su vez deben estar cerca de su recurso primario. La generación distribuida emplea el uso estratégico de toda fuente de energía eléctrica que se conectan a la red de distribución ya sea de

manera directa a dicha red o pudiendo funcionar de forma paralela a la misma en las instalaciones de los propios consumidores [26]. Por otro lado podría considerarse a la generación distribuida como un sistema que involucra todo tipo de tecnologías de pequeña y mediana capacidad ubicados cerca de los centros de consumo, que interactúa con sus redes eléctricas existentes [27]–[32].

Según [33], las capacidades de que alcanzan las unidades de generación van desde los 100 W a 3000 kW. Diferentes tecnologías como motores a gas, celdas de combustibles, bancos de baterías, aerogeneradores y sistemas fotovoltaicos son considerados como la mejor opción para ser empleadas como unidades de generación distribuida interconectada en el rango de los kilovatios.

Existen varias ventajas al considerar la generación distribuida, ventajas en temas como: producción y construcción, funcionamiento, servicio, el ambiente y lo social [34]. Como se menciona en [35] se reducen pérdidas en la transmisión de energía, aumenta el aprovechamiento de la energía primaria y eficiencia global, se evita la congestión en redes de transmisión ya existentes, se reduce el impacto de fallas, mejora el suministro de energía, se incrementa la cantidad de fuentes de energía. Las regiones remotas o aisladas se benefician por un desarrollo tecnológico de energía eléctrica descentralizado, se reduce las consecuencias de un impacto medioambiental, se garantiza el incremento de una gama de fuentes de energía de un sistema eléctrico [35]–[40].

A pesar de la gran cantidad de fuentes hídricas del Ecuador que proporcionan la gran mayoría de fuentes de generación de energía eléctrica del país, las puertas a la generación de energía eléctrica por fuentes alternativas están abiertas, mismas que servirán de apoyo en la tarea de asegurar un suministro energético variable pero oportuno, garantizar la calidad de energía eléctrica y principalmente contribuir en el ahorro con eficiencia de recursos naturales, es por esto entre otros motivos que la generación distribuida es una de las mejores alternativas tecnológicas que servirán como respaldo a la red de sistemas eléctricos convencionales [41] que sostienen la producción energética actual compensado cualquier requerimiento adicional que se suscite en el sistema [42]–[46].

1.4. Eficiencia energética

En la actualidad la eficiencia energética es un concepto global utilizado en diferentes áreas de la tecnología, tiene como principal objetivo el aprovechamiento del suministro además del ahorro económico como el del consumo de energía sin mencionar su colaboración con la reducción de contaminación a causa de los gases de efecto invernadero [47].

Con esto se busca además reducir la cantidad de energía empleada en satisfacer la demanda sin que se afecte su calidad, es decir, suplir un equipo existente por otro que realice la misma tarea para la que fueron creados, con la diferencia de que el segundo consume menos energía, [48] es así que se encuentran vehículos con menor consumo de combustible, electrodomésticos con menor consumo eléctrico, lámparas con un consumo de un cuarto de la energía empleada por antiguas creadas con los mismos propósitos, [47] etc. Todo esto sin alterar de ninguna forma los hábitos de consumo del usuario [48].

El consumo responsable de un recurso natural, no convencional, y renovable como lo es la energía solar a través de sistemas fotovoltaicos que generan electricidad por medio de la radiación solar, permite mitigar el consumo de energía necesaria en un área o aplicación en concreto cumpliendo así con objetivo primario de la eficiencia energética [49].

El adoptar medidas en cuanto a optimización de la energía beneficia directamente al país y al desarrollo de la sustentabilidad de las áreas: estratégicas, económicos, ambientales y sociales, reduciendo la dependencia de fuentes de energía convencionales contaminantes, ahorrando la energía producida y por ende la economía, disminuyendo la demanda y consumo de recursos naturales y acercando el recurso producido a lugares carentes del mismo respectivamente [50].

1.5. Planteamiento del problema.

Estar a merced de la generación de energía eléctrica proveniente de fuentes hidroeléctricas, hace que Ecuador sea un país con alta dependencia del ciclo natural de la lluvia y ciclos fluviales variables que alimentan la mencionada fuente de

generación, la mayor cantidad de energía eléctrica producida en el país corresponde a la generación hidroeléctrica, de la mano a este hecho, se encuentra la necesidad de la creación de futuros proyectos que sean compatibles con la actual situación energética con la finalidad de diversificar las consecuencias de la demanda de energía integrando a la producción el uso de energías renovables.

Debido al potencial que brinda la producción de energía eléctrica fotovoltaica y a su crecimiento en todo el mundo es una de las mejores opciones a considerar [48].

Ecuador es un país comprometido en la concepción de generación de energía solar renovable y limpia [51], [52], la apuesta de este documento se basa en considerar los fenómenos climatológicos de baja temperatura [28] presentes en el país como solución en la optimización de funcionamiento con respecto a las altas temperaturas presentes en sistemas solares fotovoltaicos, sus considerables ventajas y posibles mejoras al sistema [53], [54].

La irradiación solar o densidad de energía solar radiante, que se aprovecha en una determinada zona es expresada en ($\text{kWh/m}^2\text{día}$) más sin embargo para su cálculo en una superficie localizada se deben considerar tres irradiancias diferentes o componentes (radiación directa, difusa y de albedo) que forman la aprovechable irradiancia global.

En el atlas de radiación solar del Ecuador con fines de generación eléctrica muestra la radiación solar directa, difusa y global detallada de cada mes y un mapa de irradiación anual de radiación directa y difusa promedio con valores promedio entre $3.0 \text{ kWh/m}^2\text{día}$ y $2.8 \text{ kWh/m}^2\text{día}$ respectivamente, la irradiación global horizontal anual del Ecuador tiene un rango de $2.9 \text{ kWh/m}^2\text{día}$ a $6.3 \text{ kWh/m}^2\text{día}$, estos niveles de recurso solar son lo suficientemente aprovechables y constituyen un gran aporte si se los utiliza de manera adecuada [55].

Ubicar las zonas con las características más aptas de la sierra Ecuatoriana (zonas de elevada altitud con niveles de radiación mayores [55]) aprovechando al máximo la información proporcionada a lo largo de los años, desde el inicio de los estudios de ésta tecnología, proporcionaría una solución a la planificación energética regional, al

establecer estrategias de gestión energética, mediante la planificación para implementación de infraestructuras generadoras de recurso fotovoltaico [56] que garanticen el acceso al abastecimiento regular y estable de la misma. Para esto, se plantea la georreferenciación de sitios idóneos en un escenario controlado por variables específicas (población, demanda, recurso solar, clima, niveles de generación) y con la ayuda de Open Street Maps (OSM) que proporciona la ubicación de coordenadas específicas en locaciones selectas, donde mediante la ayuda de MATLAB (mapping toolbox) y sus herramientas, se sugiere la ubicación idónea de sistemas fotovoltaicos aptos para acoplarse a la red eléctrica más cercana o a su vez a la creación de sistemas fotovoltaicos independientes.

1.6. Justificación.

Debido a su escaso cuidado después de haber sido instalados los paneles fotovoltaicos tienden a la degradación temprana, en la mayoría de los casos estos problemas se presentan debido a las altas temperaturas superficiales de los paneles, la temperatura idónea no debería sobrepasar los 25 °C [54], [57]–[61] es decir lo que normalmente es considerado como temperatura ambiente, naturalmente al exceder la temperatura ambiente o ideal el sistema fotovoltaico presenta degradación prematura [62].

Si bien los paneles son diseñados para trabajar en condiciones ideales, es difícil predecir al medio ambiente por ende se aprovecha las variantes disponibles del mismo a favor de las necesidades, en este caso de generación de energía, al monitorear las variantes climatológicas para predefinir temperaturas superficiales de los paneles en el transcurso del día es algo necesario considerando que las condiciones ambientales fluctúan constantemente.

Definir el comportamiento del aumento en la temperatura superficial en sistemas fotovoltaicos debería prever la degradación y prolongar la vida útil del sistema en general [62].

Considerar potenciales zonas para la localización de sistemas fotovoltaicos, que contribuyan a la mejoría de la producción energética bajo el concepto de alternativas

a las fuentes de generación convencionales de la región es sin duda una apuesta importantísima [62].

1.7. Alcance.

El presente trabajo propone una posible solución para resolver el problema de la eficiencia reducida en sistemas de generación fotovoltaica, debido a las altas temperaturas que disminuyen los niveles de tensión en la generación de energía eléctrica. Se propone principalmente la óptima localización de plantas fotovoltaicas mediante la georreferenciación de sitios idóneos considerando su comportamiento general en cuanto a temperatura ambiente, ubicación geográfica, demanda y población, recurso solar, niveles de generación, en función del tiempo y condición climática estacionaria, mediante la evaluación estocástica de los parámetros anteriormente mencionados.

Si bien es cierto un sistema fotovoltaico aprovecha la mayor cantidad del recurso solar en la producción de energía eléctrica, también hace que la alta concentración de radiación solar aumente su temperatura reduciendo los niveles de tensión generada y la vida útil de los paneles solares, por lo cual, se busca demostrar como un clima con bajas temperaturas como el de las provincias de la región Sierra del Ecuador, pueden contribuir en la solución a este problema. Por medio de simulaciones y comparativas se ubicará las zonas geográficas donde un sistema de generación fotovoltaica podrá ser acoplado aumentando su rendimiento, vida útil y producción energética.

1.8. Objetivos.

1.8.1. Objetivo general

Determinar la ubicación más adecuada de centrales de generación fotovoltaica, para producción de energía eléctrica en sectores con condiciones estacionales frías, con el fin de aprovechar las bajas temperaturas, para incrementar el rendimiento del sistema fotovoltaico.

1.8.2. Objetivos específicos

Analizar el comportamiento de las centrales de generación fotovoltaica en diferentes escenarios, considerando; tiempo de uso del panel, temperatura, niveles de voltaje y corriente, especificado por los fabricantes.

Establecer el efecto de la temperatura en el rendimiento de sistemas fotovoltaicos localizados en zonas geográficas de baja temperatura ambiente.

Realizar el levantamiento de mapas georreferenciados, en las zonas más adecuadas de las provincias de la región Sierra del Ecuador, donde se localizarán las centrales de generación fotovoltaica, como resultado del análisis propuesto.

CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.

Para el análisis a realizar en este trabajo, es de importancia considerar que dentro del sistema fotovoltaico existen muchas variables que pueden modificar su rendimiento en general, su tipo de arreglo, constitución, condiciones climáticas, atmosféricas y hasta la definición matemática de parámetros específicos son entre otros puntos clave que de ser subestimados podrían complicar el comportamiento esperado del sistema fotovoltaico [63].

El cómo influye las temperaturas elevadas en la generación de energía fotovoltaica es uno de los puntos principales a considerar en este trabajo, es por eso por lo que se exploran las formas de minimizar sus efectos y demostrar como el enfriamiento en un sistema fotovoltaico es beneficioso.

2.1. Efectos de la temperatura en la eficiencia

Es posible determinar la eficiencia de un módulo fotovoltaico y del sistema $\eta_{\text{módulo}}$ (η_M) y η_{sistema} (η_S) respectivamente mediante (1) y (2), que representan la eficiencia media y conversión neta de la energía. A través de las denominadas energía DC (E_{DC}) de salida media y la energía neta AC (E_{AC}) correspondientes a la cantidad de radiación por unidad de área a disposición del sistema fotovoltaico podemos analizar los parámetros de energía de salida del sistema en general [64].

$$\eta_M = \frac{E_{DC}}{G * A} \quad (1)$$

$$\eta_S = \frac{E_{AC}}{G * A} \quad (2)$$

E_{DC} representa la potencia de salida de un panel y E_{AC} la potencia de salida del sistema en Watts (W) mientras que G y A son la radiación solar en (W/m^2) y el área de radiación del panel en (m) respectivamente [64]. Como se menciona en [65] la temperatura ambiente de la zona donde se ubique el sistema fotovoltaico afecta directamente en la eficiencia del mismo, al reducirse la temperatura de la zona en

cuestión se incrementa la eficiencia media y la eficiencia del sistema es por eso que en zonas con climas fríos y durante los inviernos la eficiencia de un sistema fotovoltaico es mayor.

La superficie de la tierra recibe energía gratuita proveniente del sol equivalente a 130 PW aproximadamente [41], ésta energía podría aprovecharse para saciar en menos de 24 horas la demanda energética de 20 años a nivel mundial sin embargo la cantidad de radiación solar incidente que aprovecha en la actualidad un sistema fotovoltaico no va más allá del 18% en el mejor de los casos [7], esta desventaja, sumada a la radiación inconstante denota una que los sistemas fotovoltaicos pueden mejorar su eficiencia y convertirse en una fuente confiable de generación eléctrica que aumente su actual baja producción energética.

2.2. Impacto en sistemas fotovoltaicos a causa de condiciones ambientales

Los fenómenos climatológicos que influyen directamente en un sistema fotovoltaico como irradiancia solar, velocidad de desplazamiento del aire, temperatura ambiente son influidas por factores adversos como el movimiento de las nieves, efecto sombra (por vegetación, animales aéreos, edificaciones) reducen la denominada potencia de salida en los paneles fotovoltaicos haciendo que sus celdas actúen como una carga, esto provoca que se consuma la potencia producida por las demás celdas que a su vez hace que se reduzca la potencia (ver Figura 3 parte b) de salida del sistema fotovoltaico [66], facilitando que se produzcan puntos calientes que contribuyen a la disminución directa de voltaje [67] (ver Figura 3 parte a) producido sin mencionar el daño que se acumula y debilita al sistema en general al producirse esta cadena de eventos [68], [69].

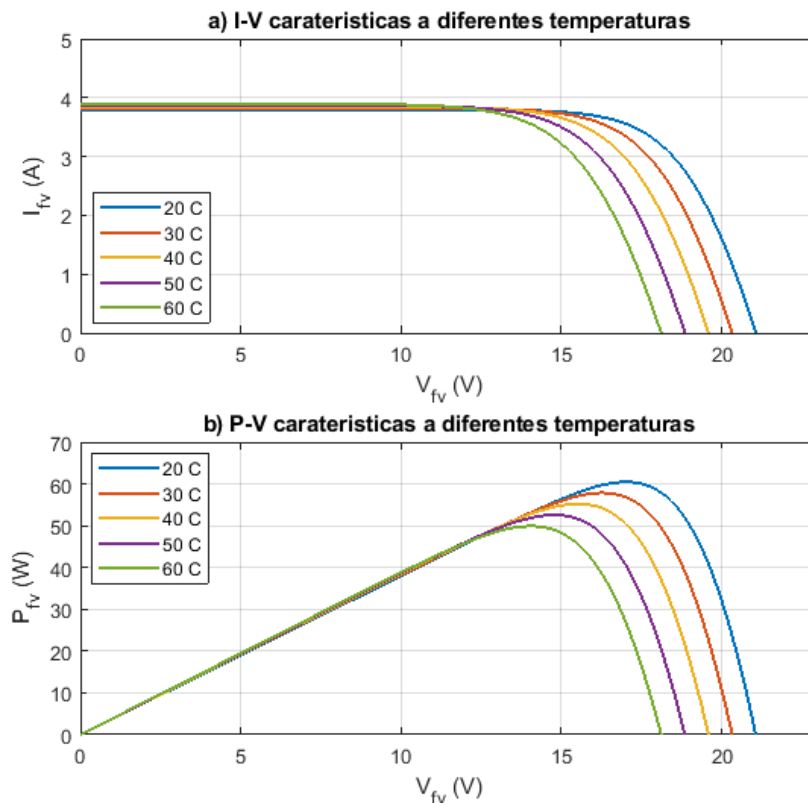


Figura 3. Temperatura en el voltaje y potencia en módulos fotovoltaicos. [Autor]

Según [70] la temperatura superficial afecta en un 0.65% de disminución en la potencia de salida y de 0.09% en la eficiencia de conversión de energía del módulo por el aumento de 1 K (Kelvin) en la temperatura superficial del panel lo que provoca que disminuya la eficiencia en 0.06% cada vez que la temperatura aumenta 1 °C [71]. La considerada temperatura de operación, se encuentra en dependencia de factores como, temperatura ambiente, radiación solar, velocidad del viento y ángulo de inclinación de montaje [72].

La temperatura de los módulos fotovoltaicos se ve afectada por acción del viento [59], de tal forma que con 400 W/m^2 de radiación sometidos a 1 m/s de velocidad produce la disminución de la temperatura superficial en un panel en 11°C , a 2 m/s la disminución de temperatura es de 6°C y a 5 m/s la temperatura disminuye hasta 21°C como se menciona en [60] lo que denota que efectivamente el clima en una zona específica contribuye o afecta directamente la producción de energía de un sistema fotovoltaico, esto debido a que la velocidad del viento también contribuye en la mejora de la eficiencia en los paneles al reducir la temperatura de la celda solar gracias al efecto de enfriamiento [59]. La formulación expuesta en (3) se utiliza para estimar la

temperatura superficial durante funcionamiento del módulo fotovoltaico en ubicaciones con poco viento:

$$T_s = T_a + \left(\frac{T_{noct} - 20}{800} \right) * G \quad (3)$$

Aunque (3) satisface los resultados en ubicaciones con poca presencia del viento como en las regiones del norte de Europa se ha previsto utilizar (4) que considera el parámetro velocidad del viento y tipos de montaje.

La potencia de salida en los sistemas fotovoltaicos, entre otros factores, dependen de la temperatura ambiente T_a , del plano de irradiancia de la matriz G del tipo de montaje del sistemas fotovoltaico elegido ω y también de la velocidad del viento V_f [59].

Múltiples resultados mostrados en estudios realizados por [66], [71], [73]–[76] revelan que las altas temperaturas ambiente disminuyen directamente la eficiencia de los paneles fotovoltaicos (ver tabla 1) al revelar la ocurrencia de puntos calientes generados por las temperaturas altas presentes en las superficies de los módulos [58], lo que lleva a plantear que en efecto las temperaturas ambiente como las que se encuentran en zonas con climas fríos como los de las provincias en la cordillera Ecuatoriana pueden ser utilizados como enfriadores de temperatura naturales [71] que contribuyan a la disminución de temperaturas altas creadas por la concentración de irradiancia solar.

Tabla 1. Efectos de la temperatura en parámetros del módulo fotovoltaico

Radiación solar [Watts/m ²]	Periodo	Temperatura panel [°C]	Potencia [Watts]	Eficiencia [%]
1000	Inicial	32.1	49.89	7.63
	Estacionario	88.1	29.42	4.5
800	Inicial	34.02	39.99	7.64
	Estacionario	78.42	25.31	4.48
600	Inicial	33.46	30.34	7.73
	Estacionario	73.97	20.61	5.24
400	Inicial	31.57	16.28	6.44
	Estacionario	58.55	11.78	4.5

Fuente: [71]

Para evitar la degradación de los sistemas fotovoltaicos y mejorar su rendimiento se debe minimizar la temperatura superficial a la que éste se encuentra sometido, sin afectar la su exposición a la radiación solar debido a que son estos los parámetros principales que influyen en la producción de potencia de generación del sistema fotovoltaico [58], [74].

2.3. Temperatura en el módulo fotovoltaico

La temperatura en la superficie de los paneles fotovoltaicos es fundamental durante su trabajo, como se recalcó en secciones anteriores es de suma importancia determinar las variables necesarias para comprender el comportamiento que adoptará el sistema fotovoltaico.

Los sistemas fotovoltaicos son diseñados por sus fabricantes dentro de laboratorios sofisticados que regulan los parámetros necesarios para que estos funcionen correctamente, sin embargo las instalaciones donde los paneles solares son creados están sujetos a lo que conocemos como condiciones ideales, mismas que si bien es cierto, contribuyen a la estandarización y producción en masa de los módulos, no reflejan la realidad una vez que el sistema fotovoltaico es ensamblado y puesto en marcha debido a que cada módulo fotovoltaico enfrentará a lo largo de su vida útil, condiciones específicas sujetas al ambiente donde este sea ubicado [67], por ende para definir el modelo más adecuado se deberían realizar una recolección de datos in situ [77] que proporcionaran la información de manera más acertada.

2.4. Modelos matemáticos

Los modelos descritos en esta sección están sujetos a variables elementales tales como radiación solar, temperatura ambiente, nubosidad, velocidad del aire además de factores adimensionales que debido a su origen no pueden ser complementadas con la información técnica que brindan las condiciones estándar debido a su comportamiento antinatural, (ver tabla 2) estos modelos describen las maneras prácticas con las que se puede determinar la temperatura en los paneles fotovoltaicos.

$$T_s = T_a + \omega * \left(\frac{0.32}{8.91 + (2 * V_f)} \right) * G \quad (4)$$

$$T_s = T_a + (\alpha * G) * (1 + (\beta T_a)) * (1 - (\gamma * V_f)) \quad (5)$$

$$T_s = T_a + (0.031 * G) \quad (6)$$

$$T_s = T_a + (h * G) \quad (7)$$

Tabla 2. Simbología en modelos matemáticos investigados.

Símbolo	Descripción	Unidades
T_s	temperatura superficial	(°C)
T_a	temperatura ambiente	(°C)
ω	índice de montaje en instalaciones aisladas donde $\omega=1$ hasta 1.2 en techos planos, de 1.8 en techos con inclinación y de 2.4 en fachada integrada	
V_f	Velocidad del viento	(m/s)
G	Radiación solar	(W/m ²)
α	índice de corrección por temperatura	(°C ⁻¹)
β	índice de corrección de eficiencia para temperatura	(°C ⁻¹)
γ	índice para corrección de eficiencia	
h	Ver valores en tabla 3	

Fuente: [78]–[81]

Para aplicar el valor de h en la ecuación 7 se debe tener en cuenta las siguientes consideraciones descritas en la tabla 3.

Tabla 3. Valores para el parámetro h .

Sistema fotovoltaico “Arreglo”	$h = (k * m^2/W)$
Independiente	0.0208
Refrigerado	0.02
Techo plano	0.026
Parcialmente refrigerado	0.0342
Fotovoltaico con vidrio transparente	0.0455
Integrado a la fachada	0.0538
Techo con inclinación	0.0563

Fuente: [77]

CAPITULO 3: MARCO METODOLÓGICO

En Ecuador la principal fuente de energía eléctrica es de procedencia hidroeléctrica y sus recursos renovables dependen de sus peculiaridades geofísicas. El país cuenta con un atractivo potencial energético en cuanto a radiación solar, por la cantidad de nubosidad presente en su territorio cuenta con la ventaja de la presencia de irradiancia solar constante durante el su ciclo veraniego [82]. En el país no existe la necesidad urgente de cambio en la matriz energética sin embargo existen carencias que podrían suplirse o bien complementarse con el apoyo en la creación de proyectos que aprovechen la generación de energía eléctrica por medio de fuentes fotovoltaicas.

3.1. Validación de información

En cualquier investigación, procesamiento de datos y delineamiento de metodologías, comienza con la recopilación de una gran cantidad de variables, datos o información histórica del fenómeno en cuestión. La capacidad de brindar información oportuna por parte de los datos recogidos es de suma importancia a la hora de transmitir un resultado esperado.

Aun al garantizar que las fuentes de donde se obtiene la información recopilada para una investigación existen errores y fallos que suelen pasarse por alto. La incertidumbre, inconsistencias, faltantes, desviaciones de medición, incógnitas no presentes a tiempo, y demás aportan a la toma de decisiones erradas que incurren en pérdidas económicas, encaminamiento de recursos u optimización [83].

3.2. Localidad y población

Dentro de los parámetros a considerar en este trabajo para la ubicación idónea de sistemas fotovoltaicos, se ha reconocido a la región sierra del país por sus condiciones climáticas de baja temperatura ambiente como estándar para solucionar problemas suscitados en la optimización de sistemas fotovoltaicos debido al calor que acumulan durante su operación y sus consecuencias en los mismos. En Ecuador existen, en la actualidad, veinticuatro provincias de las cuales nueve (Carchi, Imbabura, Pichincha, Cotopaxi, Tungurahua, Chimborazo, Cañar, Azuay y Loja) conforman la región sierra.

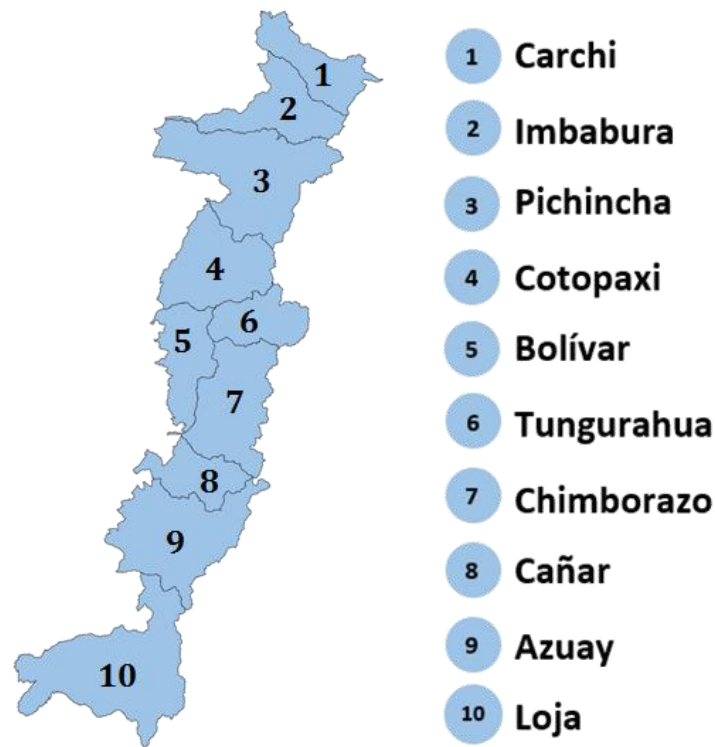


Figura 4. Mapa región Sierra del Ecuador. [Autor]

Las provincias de la región Sierra del Ecuador tienen una población variada (ver tabla 4) debido a su geografía misma que hace que grandes extensiones de terreno presenten poblados dispersos a pesar de contar con grandes extensiones territoriales.

Tabla 4. Población por área provincias de la región Sierra Ecuador

Provincia	Población	Área [km ²]
Pichincha	3 228 230	9 537
Azuay	881 400	8 030
Tungurahua	590 610	3 387
Chimborazo	524 020	6 500
Loja	521 140	11 064
Cotopaxi	488 710	6 109
Imbabura	476 250	4 586
Cañar	281 400	3 146
Bolívar	209 930	3 946
Carchi	186 880	3 780

Fuente: [84]

3.3. Temperatura local

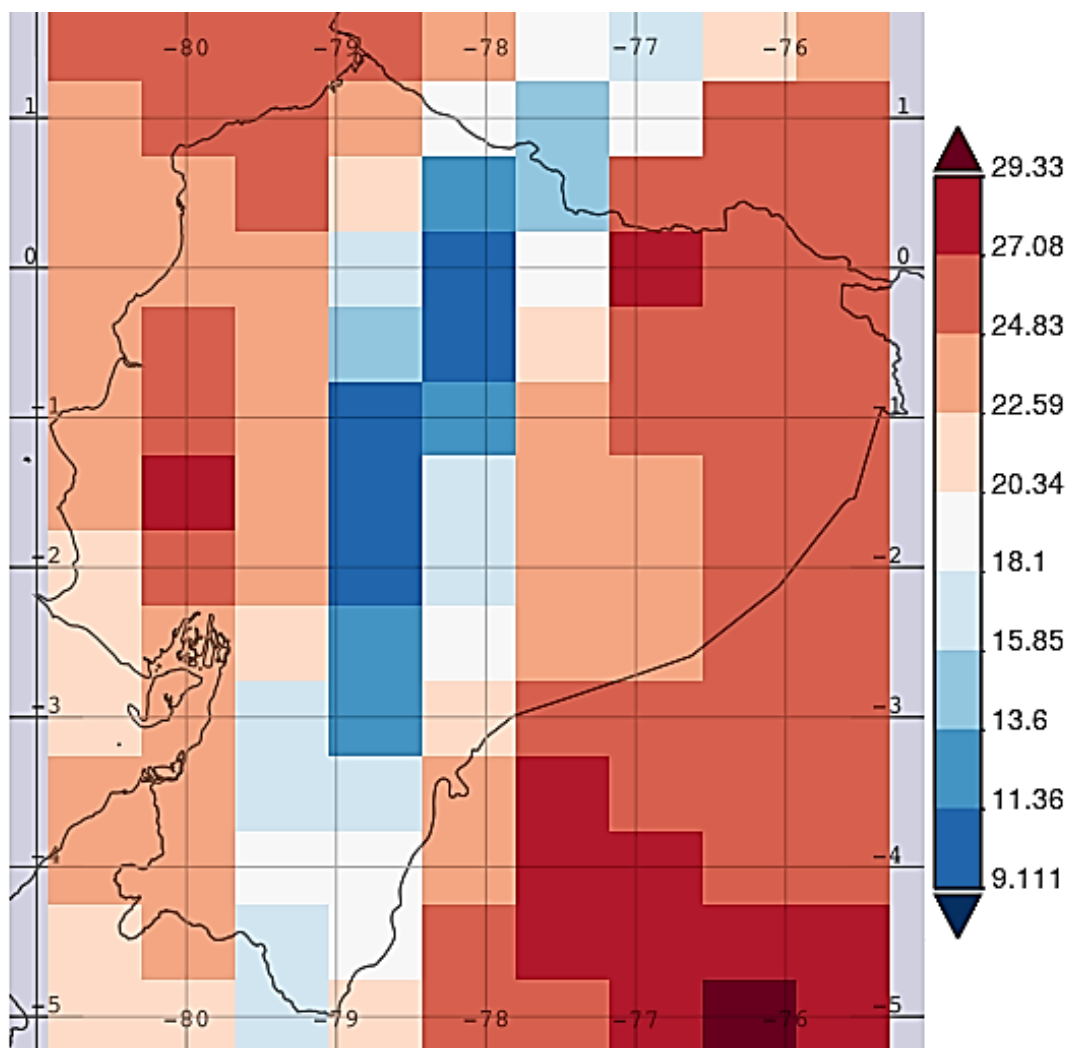


Figura 5. Mapa de temperatura promedio del Ecuador

Según [85], éstas son la temperaturas promedio que se registran en cada una de las localidades escogidas de las provincias mencionadas en la tabla 4 y el resto del territorio ecuatoriano continental. El criterio de selección que utilizó para elaborar la tabla 4 se basa en las restricciones propuestas en el capítulo uno de este documento, básicamente se escoge una localidad de cada provincia considerando que la región seleccionada cuenta con climas fríos de temperaturas bajas con alto índice de radiación solar para lo cual se discriminan las variables de temperatura mínima y máxima presentes en el sector durante todo un año, buscando la localidad con los registros de menor temperatura registrada y valiéndonos de su división política podemos categorizar las zonas que dentro de una provincia podrían ayudar a que se

disminuya la temperatura superficial en los paneles fotovoltaicos minimizando las pérdidas que produce el calor que se acumula en los mismos, una vez identificado el punto anteriormente mencionado, el siguiente paso es buscar dentro las zonas seleccionadas cuál de estas cuenta con el mayor registro de radiación solar aprovechable y por ultimo considerar los niveles de nubosidad presentes en la zona seleccionada como se ve en la tabla 5.

Tabla 5. Caracterización de zonas a escoger.

Provincia	Cantón	Temperatura promedio diaria [°C]		Temperatura promedio del aire al año [°C]	Temperatura promedio del aire diaria [°C]	Radiación global promedio (kW/m2*día)	Radiación global promedio (kW/m2*año)	Nubosidad %		Ubicación
		Mínima	máxima					Máxima	Mínima	
Carchi	Tulcán	9	18	12.8	12.8	4.584	1698.6	10	45	0.8147717,- 77.7369835
	El Angel	7	18	12.2	12.7	4.829	1763			0.6156242,- 77.9447351
	San Pedro de Huaca	9	18	11.9	12.4	4.33	1537.3			0.6315402,- 77.7313185
	San Gabriel	9	19	12.3	12.8	4.774	1691.2			0.5961047,- 77.8380704
	Mira	15	21	20.1	15.4	5.298	1753.5			0.5502198,- 78.0452442
	Bolívar	8	18	16.3	14.4	5.1	1778.6			0.5009444,- 77.9113913
	Ibarra	13	22	16.6	17	5.288	1870.6			0.3517059,- 78.1579215
	San Miguel de Urcuqui	14	24	16.1	16.1	5.577	2036.2			0.4211567,- 78.1998682
Imbabura	Pimampiro	14	24	15.7	15.7	5.278	1927	9	45	0.390135,- 77.9479705
	Otavalo	9	19	15.1	15.1	4.668	1703			0.233373,- 78.2776739
	Antonio Ante	12	23	15.4	15.4	5.21	1 841.7			0.3280496,- 78.2597771
	Cotacachi	11	22	14.5	15.7	5.322	1913.3			0.3020583,- 78.2791758
Pichincha	Quito	9	19	8.3	8.3	4.796	1748.6	9	51	-0.1862504,- 78.5706268
	Rumiñahui	19	21	16	16.1	4.796	2042.1			-0.3357266,- 78.4718548
	Pedro Moncayo	10	20	15.1	15.1	5.47	1996.8			0.0596744,- 78.3537422
	Mejía	8	19	13.5	13.1	5.103	1876.5			-0.5148628,- 78.5994727

	Cayambe	10	20	13.7	13.7	5.316	1711.7			0.0367571,- 78.165268
	Pedro Vicente Maldonado	16	25	23.8	23.8	3.582	1307.8			0.0815498,- 79.0533685
	San Miguel de los Bancos	15	24	22.3	22.3	3.588	1310.3			0.0223586,- 78.9014483
	Puerto Quito	17	27	25.1	25.1	3.704	1351.9			0.1166885,- 79.2754218
	La Maná	22	33	25.4	25.4	3.518	1285.4			-0.9411734,- 79.240359
	Pangua	25	27	25.4	25.4	4.658	1277.9			1.1003762,- 79.2768571
	Sigchos	7	14	13.9	13.9	4.776	1742.5			-0.6984298,- 78.9020064
Cotopaxi	Pujilí	7	19	13.9	13.9	5.093	1859.8	10	51	-0.9567316,- 78.7042952
	Saquisilí	8	20	12.5	12.5	5.346	1859.8			-0.8294595,- 78.7045535
	Latacunga	8	20	13.8	13.8	5.302	1937.4			-0.9339738,- 78.6233246
	Salcedo	8	20	13.8	13.8	5.38	1965.3			-1.0396958,- 78.6086371
	San Miguel	8	20	13.8	13.8	4.807	1761.5			-1.7120673,- 79.056566
	Guaranda	7	19	15.6	15.6	5.045	1849.7			-1.5908419,- 79.0178489
	Chimbo	12	20	17.4	17.4	4.934	1805.1			-1.686532,- 79.0340275
Bolívar	Chillanes	7	19	17	17	4.339	1588.3	8	54	-1.9435957,- 79.0703201
	Las Naves	15	28	26.1	26.1	3.512	1283.3			-1.2855088,- 79.3177813
	Echandía	8	20	25.3	25.3	3.469	1266.7			-1.4322985,- 79.2879348
	Caluma	8	20	25.3	25.3	3.473	1268.5			-1.6304664,- 79.2633962
	Quero	6	17	11	11	4.914	1679.9			-1.3821281,- 78.6160529
Tungurahua	Píllaro	8	19	12.6	12.6	5.04	1645.7	9	51	-1.1775999,- 78.5640266
	Pelileo	9	20	12.2	12.2	5.28	1905.9			-1.3253541,- 78.559659

	Patate	8	20	15	15	5.123	1554.6			-1.3132554,- 78.5127211	
	Baños de Agua Santa	6	19	15.7	15.7	4.496	1278.4			-1.395233,- 78.4344435	
	Ambato	9	20	12.6	12.6	4.966	1645			-1.2570576,- 78.6566385	
	Cevallos	7	16	11.2	11.2	4.987	1853.5			-1.3546039,- 78.6200523	
	Mocha	7	14	10.2	10.2	4.374	1572.8			-1.4190332,- 78.6629676	
	Tisaleo	7	14	10.4	10.4	4.562	1679.7			-1.3480612,- 78.6729348	
	Riobamba	8	19	13.7	13.7	5.478	2026.8			-1.6659955,- 78.6930389	
	Guano	7	9	13.1	13.1	5.585	1789.1			-1.6067973,- 78.6459305	
	Guamote	8	19	14.1	14.1	4.934	1814			-1.9355643,- 78.7178993	
	Colta	8	13	10.9	10.9	4.688	1666.4			-1.7385339,- 78.775878	
Chimborazo	Chunchi	14	22	20.1	20.1	4.703	1650.8			2.2899097,- 78.9558224	
	Alausí	14	21	19	19	4.748	1648.1	9	52	-2.2003723,- 78.8551641	
	Cumandá	14	29	26.9	26.9	3.558	1306.4			-2.204433,- 79.1461441	
	Pallatanga	12	25	20.3	20.3	4.226	1542.6			-2.0096434,- 78.9880621	
	Penipe	9	15	13.3	13.1	5.181	1906.6			-1.5680976,- 78.5337497	
	Chambo	8	16	13.1	13.1	5.132	1817.3			-1.7302766,- 78.6076928	
	Cañar	2	17	12.3	12	4.666	1736.3			-2.5583414,- 78.9564231	
	Biblián	3	18	12.6	12.6	4.633	1427.5			-2.7119459,- 78.905415	
	Cañar	Azogues	6	18	12.7	12.7	4.91	1597.9	9	56	-2.7397435,- 78.86261
		El Tambo	7	16	14.1	14.1	5.141	1824			-2.5124081,- 78.9430227
La Troncal		22	32	26.5	26.5	3.717	1387			-2.4216566,- 79.3526602	

	Déleg	2	15	13.3	13	4.863	1740.3			-2.7859313,- 78.9358664
	Suscal	6	16	14.9	14.9	4.522	1684.7			-2.4372746,- 79.0556431
	Sígsig	7	19	10.1	12.1	4.602	1709			-3.0440113,- 78.8001681
	Santa Isabel	12	25	21.3	21.3	5.076	1736.1			-3.276987,- 79.3232203
	Paute	7	17	14.1	14.1	5.026	1695.3			-2.7965426,- 78.7669499
	Gualaceo	7	16	12.6	12.6	4.666	1699.9			-2.8915446,- 78.7928726
	La Girón	12	20	18.1	18.1	4.804	1676.6			-3.1609,- 79.1574384
	Cuenca	7	17	15.1	15.1	4.961	1424.1			-2.892183,- 79.0243997
	San Fernando	3	16	15.1	15.1	4.45	1581.9			-3.1436947,- 79.2644067
Azuay	Nabón	7	17	14.9	14.2	5.067	1706.6	9	55	-3.3359617,- 79.0682066
	Chordeleg	7	17	13.3	13.4	4.615	1694.5			-2.92504,- 78.7879587
	El Pan	12	25	11.4	11.4	4.571	1462.3			-2.7862827,- 78.6727096
	Sevilla de Oro	7	15	12.5	12.5	4.548	1518.6			-2.7986942,- 78.6597061
	Guachapala	7	16	12.3	12.3	4.908	1797.3			-2.7700648,- 78.7157106
	Pucara	12	17	12.5	12.5	4.893	1570			-3.2245394,- 79.4768165
	Oña	20	25	15.9	15.9	5.322	1794.6			-3.4696236,- 79.157728
	Camilo Ponce Enríquez	19	29	24.8	24.8	3.754	1290.3			-3.0605351,- 79.7561122
	Sozoranga	16	27	18.4	18.4	5.086	1899.7			-4.3290696,- 79.7958469
Loja	Saraguro	11	22	15.2	15.2	4.507	1668.8	10	63	-3.6233176,- 79.2430974
	Puyango	13	28	24.9	24.9	5.207	1729.7			-3.9640689,- 80.2237972
	Paltas	12	28	22.1	22.1	4.322	2075			-4.0020169,- 79.8952096

Macará	19	31	24.9	24.9	5.397	1879.2	-4.3753792,- 79.9598022
Loja	9	21	16.5	16.5	4.778	1704.6	-4.0075088,- 79.2433985
Gonzanamá	11	22	17.9	17.9	5.207	1907.6	-4.2292701,- 79.439435
Espíndola	14	26	21.6	21.6	5.095	1984.1	-4.5236306,- 79.4276667
Celica	11	27	16.1	16.1	5.154	1899.3	-4.1131116,- 79.9587317
Catamayo	15	27	23.2	23.2	5.331	1946.7	-3.9921877,- 79.3884524
Calvas	10	22	29.1	19.1	5.374	2037.6	-4.3216055,- 79.5617718
Chaguarpamba	11	24	20.7	20.6	4.931	1863.9	-3.8781222,- 79.6473599
Zapotillo	16	29	24.3	25.3	5.685	2015.9	-4.3832006,- 80.2477347
Pindal	16	28	23.5	23.1	5.137	1901.3	-4.1166163,- 80.1120902
Quilanga	11	22	18.8	18.8	5.301	1960.9	-4.2969989,- 79.4032631
Olmedo	11	24	20.8	20.8	5.294	1948.3	-3.9352381,- 79.6484757

Fuente: [81]

3.4. Radiación solar

La importancia del conocimiento en la radiación solar ahonda en campos tan dispares como la agronomía, meteorología, hidrología, ingeniería y demás, de tal forma que ésta ha tenido un crecimiento considerable en los tiempos actuales [86].

La utilización de la energía solar se ha expandido, debido a sus ventajas frente a fuentes de energías convencionales ya que ésta se considera una fuente inagotable y limpia en comparación [86].

3.4.1. El sol

La estrella más cercana a la tierra y centro del sistema solar, con una temperatura en su núcleo aproximada a los 15 millones de grados Kelvin (K), irradia elevadísimas cantidades de energía producto de la fusión nuclear en su interior entre los átomos de helio e hidrogeno. Esta energía es liberada y dispersada en todas las direcciones hacia el espacio la cual alcanza al planeta tierra y este aprovecha dicha energía de diferentes maneras [86].

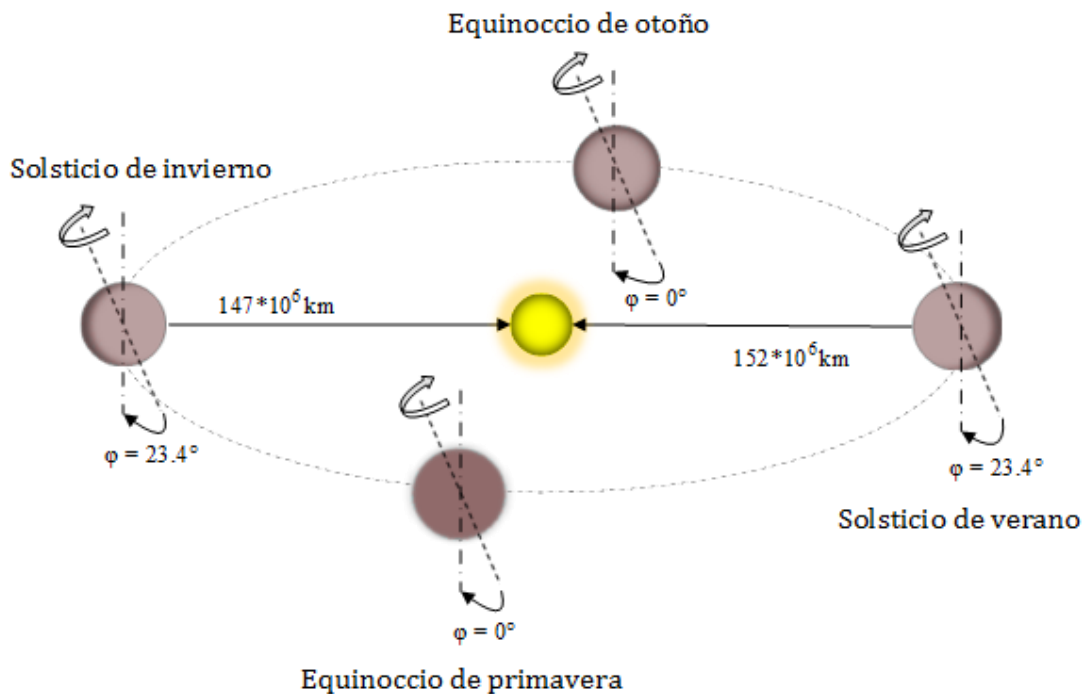


Figura 6. Órbita terrestre alrededor del sol. [Autor]

Este flujo de energía radiante emitido por el sol está sujeto a cambios durante todo el año debido a la variación en la posición de la tierra respecto al sol (ver figura 6). El

máximo flujo de radiación producto de este comportamiento natural entre el sol y la tierra se presenta en la época cercana al solsticio de invierno, en Ecuador este flujo se presenta en el mes de Septiembre [55], [85], [87], [88].

3.4.2. Componentes de la radiación

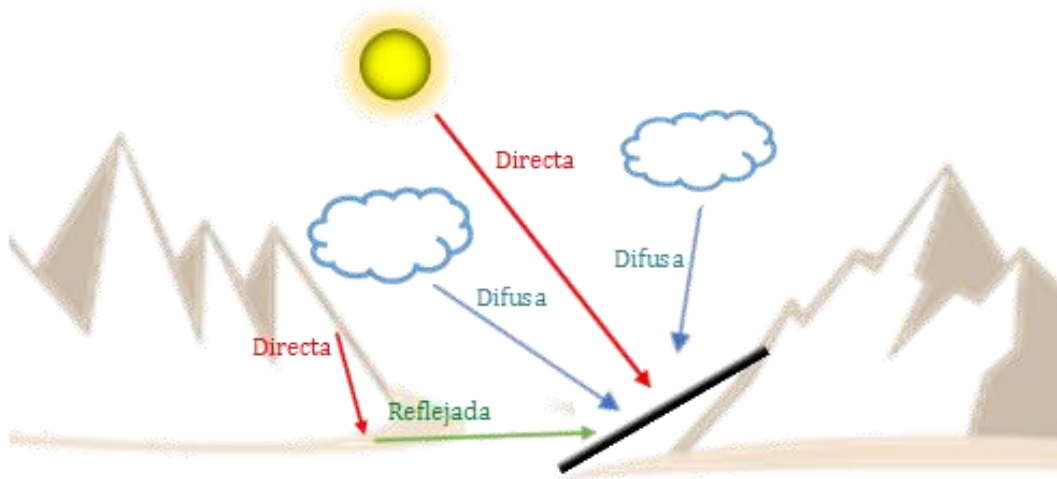


Figura 7. Elementos de la radiación solar. [Autor]

Al combinar todos los elementos vistos en la figura 7, dan como resultado la radiación global considerada como radiación hemisférica que no es más que la radiación solar que recibe una superficie horizontal. Como se indica en [55] existen diferentes clases de radiación solar: radiación directa, difusa, reflejada, que en conjunto se denominan radiación global. Considerar estos parámetros es indispensable a la hora de considerar la implementación de un sistema fotovoltaico.

3.5. Demanda

Según el Operador Nacional de Electricidad CENACE, hasta mediados de 2021 la demanda eléctrica del Ecuador aumentó en un 8,13% en relación con el año anterior con respecto al mismo periodo, este aumento engloba al sector residencial además de las actividades relacionadas con el comercio y la industria que son los contribuyentes directos de este incremento. De acuerdo con este mismo ente regulador el país consumió alrededor de las 15000 GWh. Considerando ésta información el 62.2% de

la demanda de energía eléctrica en el país (Ecuador Continental) corresponde a la región Costa, 34.7% a la región Sierra y 3,1% a la región Amazónica [88].

Los datos mostrados por [88] corroboran lo esperado por [89] quien asegura que la eficiencia energética se obtiene mediante la utilización de métodos que prolonguen la vida útil de los sistemas generadores, así como el incentivo a la aceptación para migrar a las nuevas tecnologías que se adecuen a las necesidades futuras para el ente consumidor.

3.6. Horas solar pico

Más comúnmente abreviada (HSP) ($\text{Wh}/\text{m}^2/\text{día}$) es empleada para considerar cuanta energía diaria podría producirse en un panel solar en un metro cuadrado de superficie, está relacionado con la cantidad de insolación global total ($\text{kWh}/\text{m}^2/\text{día}$) que incide en el día sobre los módulos solares [55], en teoría es un concepto que define la equivalencia entre la cantidad diaria en horas en las que el panel está expuesto (varía dependiendo la inclinación del arreglo fotovoltaico) con una radiación de $1000 \text{ W}/\text{m}^2$ y la radiación total diaria que recibe.

Se puede expresar de la siguiente manera:

$$HSP_{\beta} = \frac{R_{\beta}}{I_{\beta}} \quad (7)$$

Donde:

HSP_{β} son las horas solar pico según una inclinación β , R_{β} corresponde a la radiación media diaria expresada en $\text{Wh}/\text{m}^2/\text{día}$ según una inclinación β , finalmente I_{β} corresponde a la constante equivalente a $1 \text{ kW}/\text{m}^2$.

3.7. Velocidad del viento

La velocidad del viento es un factor de alto grado de importancia a ser considerado al hablar de un sistema fotovoltaico naturalmente ventilado, sin importar una dirección de viento en específico se ha demostrado que la presencia o ausencia de corrientes

moderadas del mismo, influyen directamente en el rendimiento de un sistema fotovoltaico [90], [91].

En [92] se establece como la potencia entregada final incrementa en un 30% al integrar la variable velocidad del viento a su modelo utilizado así mismo [90] realiza una evaluación de la variación de la temperatura del panel, con la velocidad del viento y temperatura ambiente mediante recolección de datos con la variación de la velocidad del viento a 0, 10, y 20 km/h y considerando la menor y mayor posibles temperaturas ambiente en determinado sector, dando como resultado que a mayor velocidad de viento y bajo las mismas temperaturas ambiente registradas la temperatura superficial del panel decae considerablemente, a su vez, cuando la temperatura superficial del panel es mayor decaen los niveles de producción de la energía, por ultimo [91] manifiesta como un sistema fotovoltaico naturalmente ventilado, que aprovecha las corrientes de viento en localidades turcas disminuyen la temperatura del panel provocando una mejora en la eficiencia de 4% además de conseguir aumentar la generación anual de energía eléctrica del sistema en rangos del 4.7% al 5.8 %.

3.8. Sombreado

El efecto sombreado en sistemas fotovoltaicos se produce cuando la luz que impacta directamente la superficie del panel solar se ve obstaculizada causando que se produzcan desequilibrios de voltaje y corriente en el sistema.

La causa principal de este fenómeno es la formación o presencia de sombras producidas por agentes externos al sistema fotovoltaico como estructuras, árboles, nubes, etc. Estos elementos impiden la llegada uniforme de luz producida por el sol sobre la superficie del panel [93].

El sombreado provoca el surgimiento de pérdidas en la recolección de la energía, reducción de potencia de salida y eficiencia. Un panel solar cal ubicado con alta concentración del efecto sombreado no recolecta energía de manera variante, haciendo que estas fluctuaciones ocasionen daños a mediano y largo plazo sobre los elementos del sistema fotovoltaico [91].

3.9. Ángulo de inclinación

El ángulo de inclinación influye directamente en como la radiación solar incide sobre la superficie del panel solar, cuando el panel se ubica de manera perpendicular al sol este recibe la máxima cantidad de radiación, en cada lugar del mundo su ubicación cambia debido a las latitudes, niveles de radiación solar, periodo de utilización, cantidad de horas sol, entre otras [91].

Se debe tener en cuenta, además de las características de la instalación, si ésta será acoplada a la red, aislada o hibrida, además de con que objetivo se realiza la instalación, la selección del ángulo óptimo de inclinación crea un efecto considerablemente parecido al de modificar el ángulo de incidencia de radiación solar y de esto dependerá que se logre la máxima captación. La eficiencia de los sistemas fotovoltaicos depende en gran medida de la radiación propia del lugar donde estos se ubiquen, es así que la radiación se aprovechara de manera más eficaz si la superficie de los paneles se encuentra completamente perpendicular a su fuente de luz [94][94].

CAPÍTULO 4: RESULTADOS.

Debido a las grandes extensiones de terreno en la región sierra del Ecuador y a su complejidad geográfica es difícil la aplicación de un estudio en concreto sobre su superficie, para ello, se resolvió considerar una pequeña zona en concreto, tomando en cuenta la división política de cada provincia en la región, estas zonas en cuestión se encuentran próximas sus núcleos poblacionales donde el recurso generado sería mayormente aprovechado.

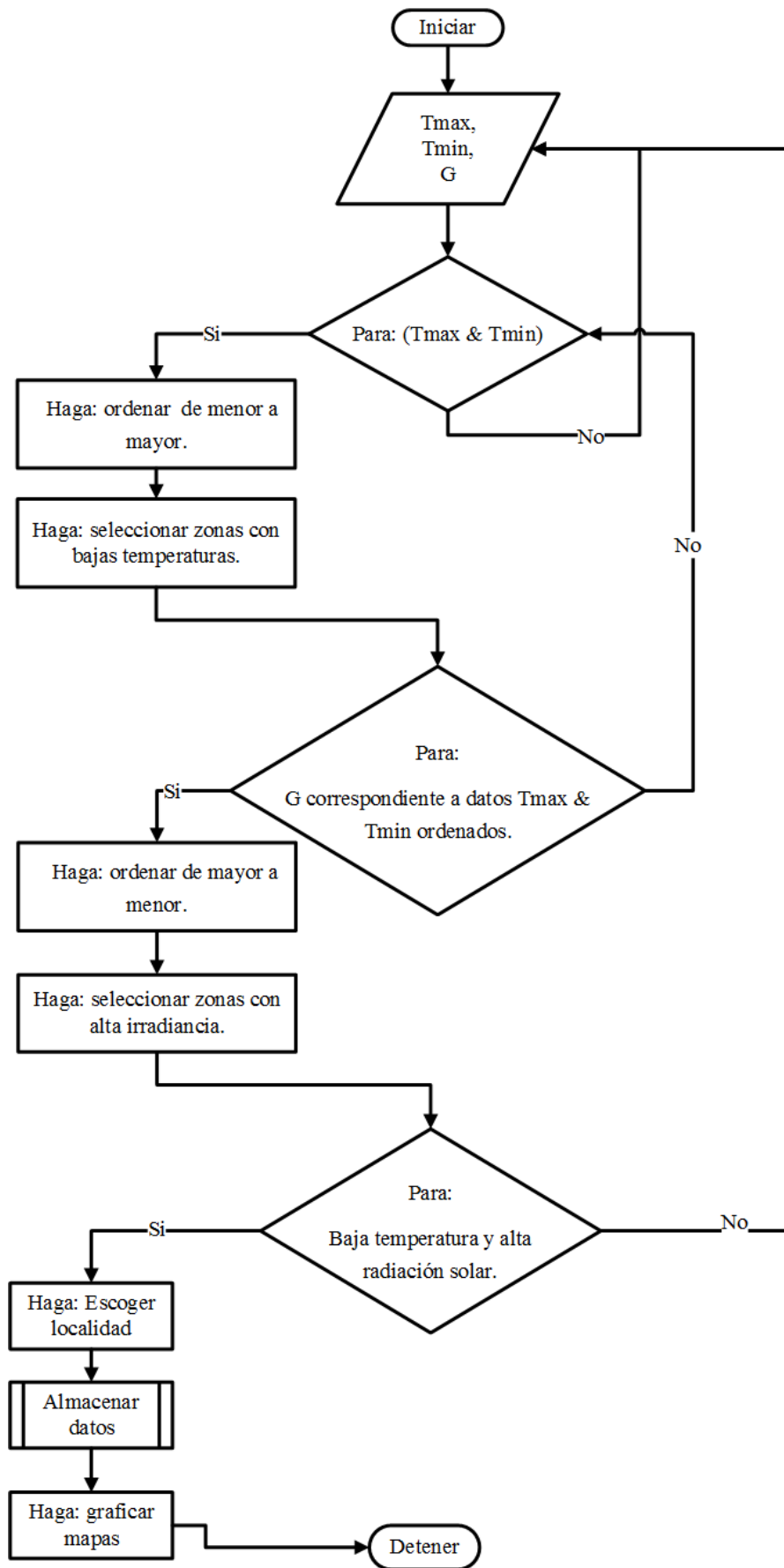
4.1. Criterio de selección de localidades.

La elección de estos sitios se realizó considerando el cumplimiento de ciertas condiciones que contribuirían en el óptimo funcionamiento de un sistema fotovoltaico instalado.

La importancia dada a cada criterio debería ser marcado según la decisión del tipo de funcionamiento al que se regiría la futura planta fotovoltaica, sin embargo, en esta ocasión se validara principalmente el criterio climatológico como el de mayor importancia para ello los factores temperatura y radiación solar serán los ejes principales para la selección en este caso de estudio.

Por otro lado, en menor proporción se consideró también la población en el área además de que las zonas seleccionadas se sitúen en terrenos cuya orografía corresponda a sitios con poca pendiente, preferentemente llanos.

La sierra ecuatoriana es parte de la Cordillera de los Andes, gracias a esto las provincias ecuatorianas de la región sierra se ubican en un sector orográfico de elevaciones altas con alta presencia de corrientes de aire frío, estas corrientes sumadas a la elevación de los sitios en cuestión crean temperaturas bajas.



4.2. Despliegue de mapas

En esta sección se representa de manera gráfica, los sectores seleccionados donde se podría instalar sistemas fotovoltaicos priorizando los atributos mencionados en las secciones anteriores, de manera que se aproveche el recurso climático (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.

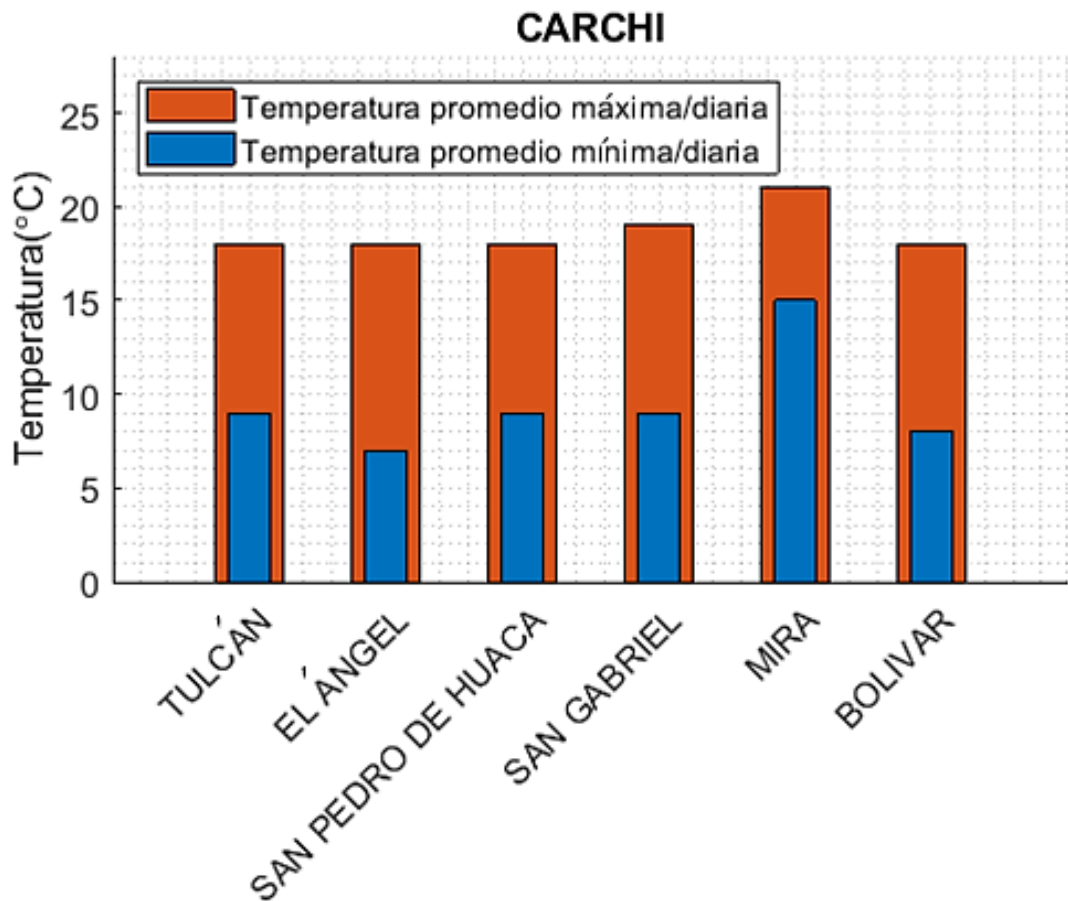


Figura 8. Temperaturas promedio de la provincia del Carchi. [Autor]

CANTÓN TULCÁN

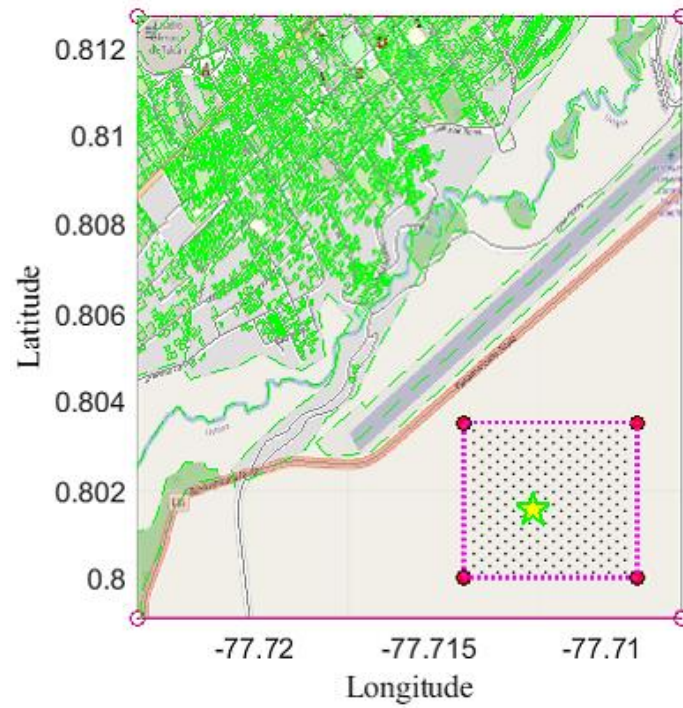


Figura 9. Mapa de localidad seleccionada en el cantón Tulcán. [Autor]

CANTÓN EL ÁNGEL

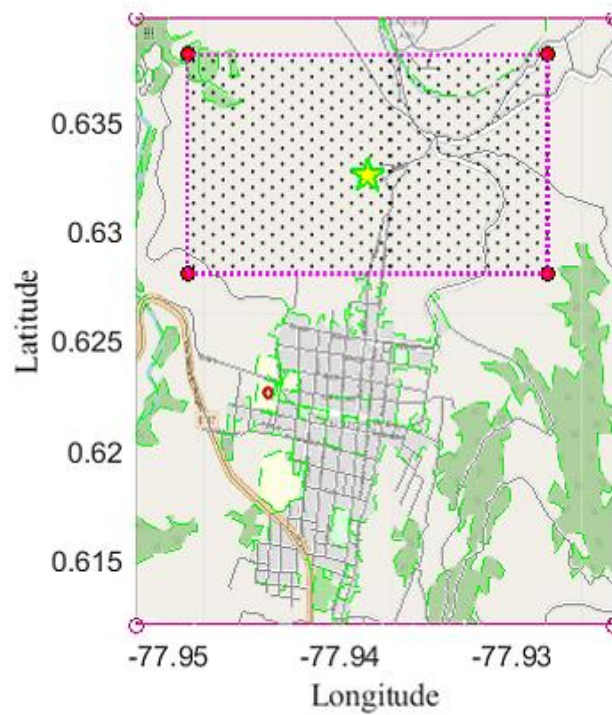


Figura 10. Mapa de localidad seleccionada en el cantón El Angel. [Autor]

CANTÓN SAN PEDRO DE HUACA

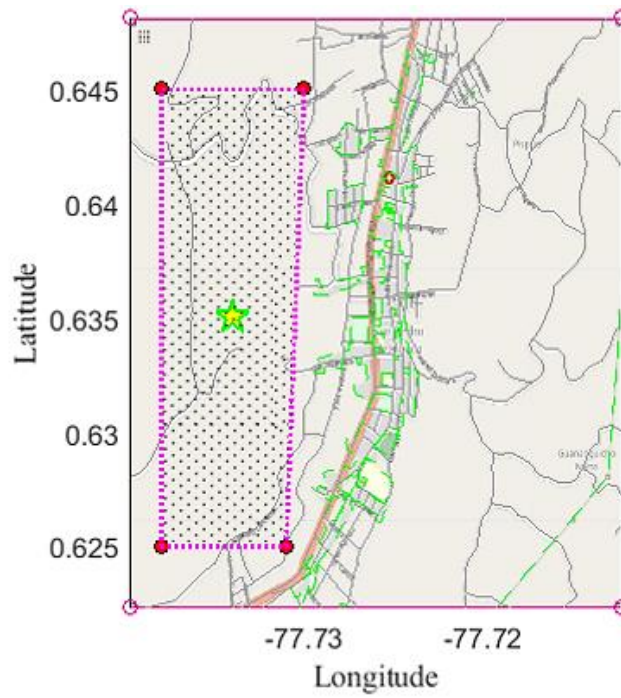


Figura 11. Mapa de localidad en el cantón San Pedro de Huaca. [Autor]

CANTÓN SAN GABRIEL

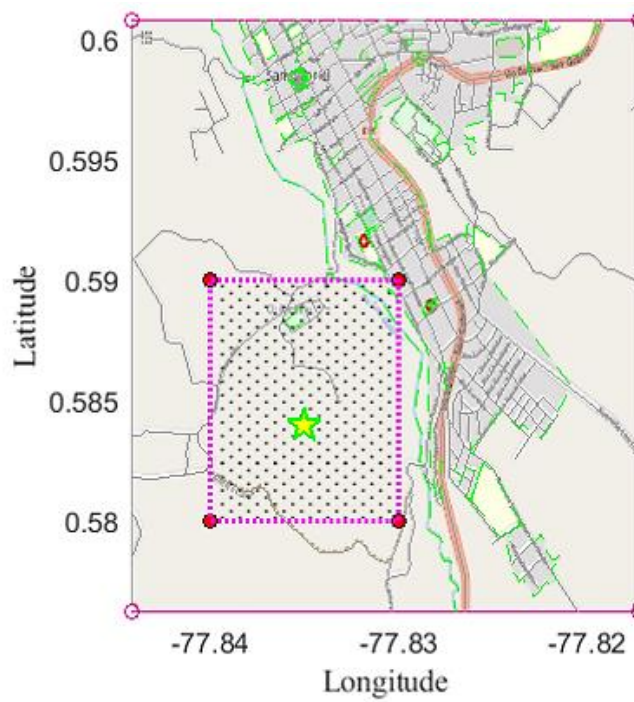


Figura 12. Mapa de localidad seleccionada en el cantón San Gabriel. [Autor]

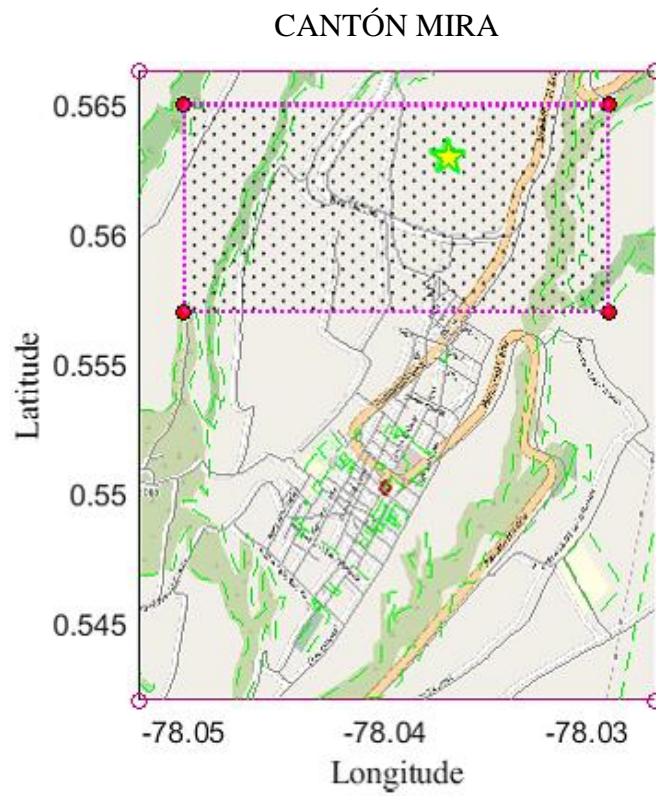


Figura 13. Mapa de localidad seleccionada en el cantón Mira. [Autor]

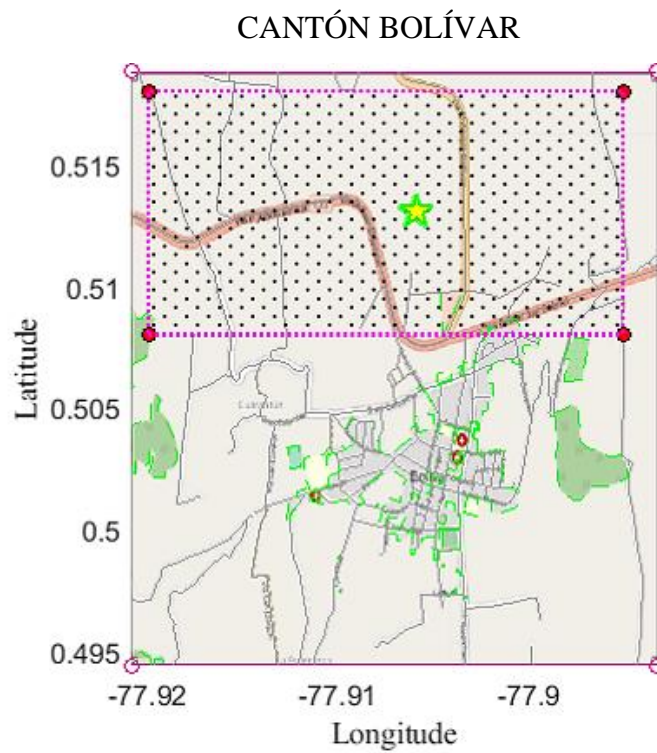


Figura 14. Mapa de localidad seleccionada en el cantón Bolívar. [Autor]

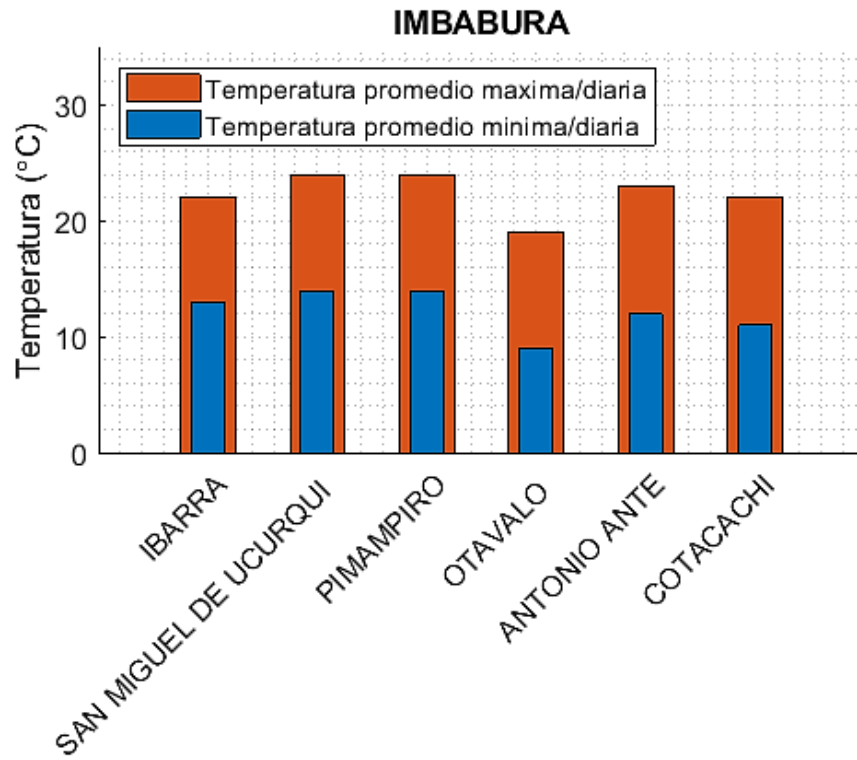


Figura 15. Temperaturas promedio de la provincia de Imbabura. [Autor]

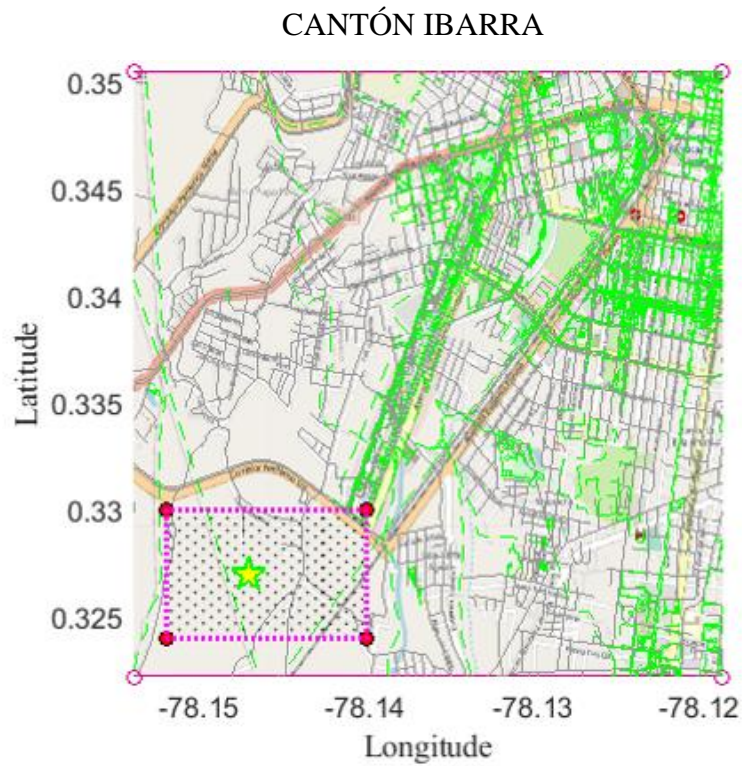


Figura 16. Mapa de localidad seleccionada en el cantón Ibarra. [Autor]

CANTÓN SAN MIGUEL DE URQUQUI

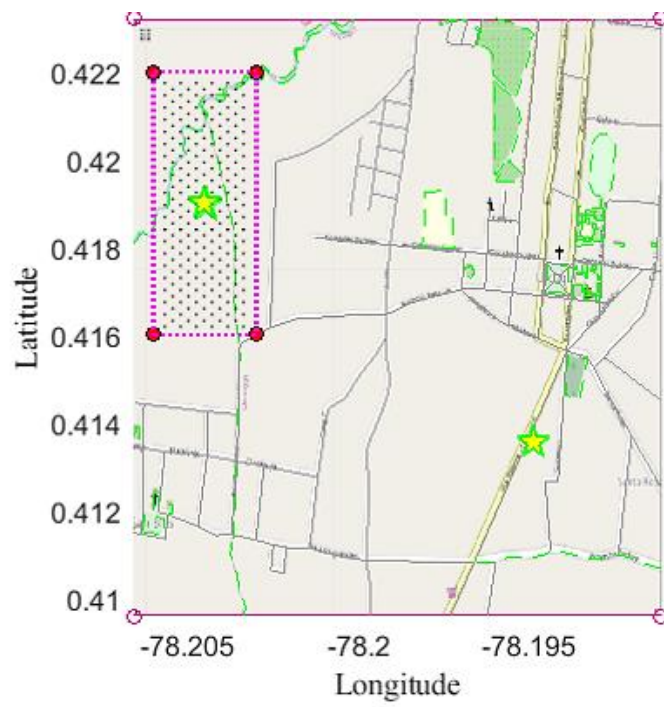


Figura 17. Mapa de localidad seleccionada en el cantón San Miguel de Urququi. [Autor]

CANTÓN PIMAMPIRO

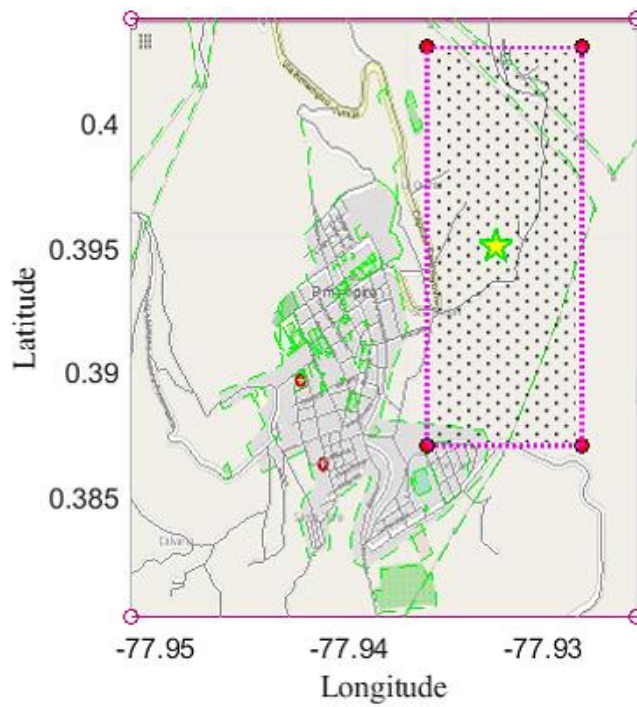


Figura 18. Mapa de localidad seleccionada en el cantón Pimampiro. [Autor]

CANTÓN OTAVALO

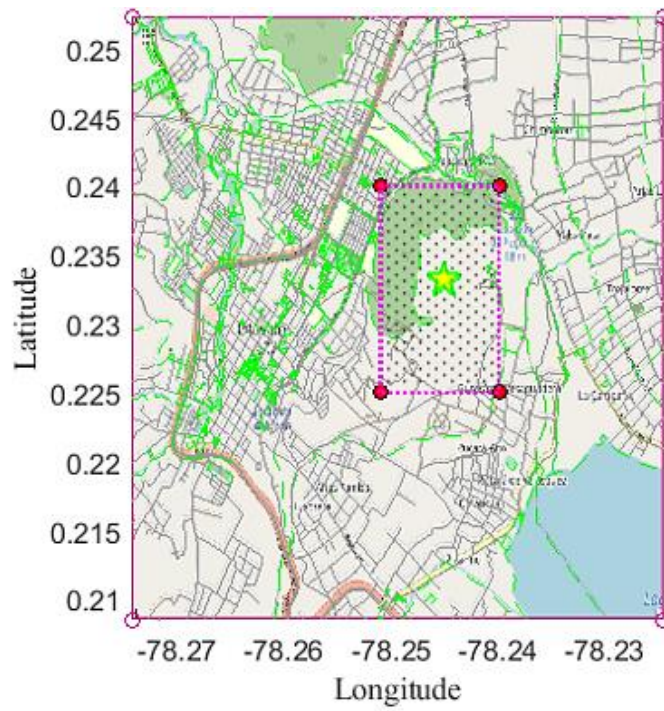


Figura 19. Mapa de localidad seleccionada en el cantón Otavalo. [Autor]

CANTÓN ANTONIO ANTE

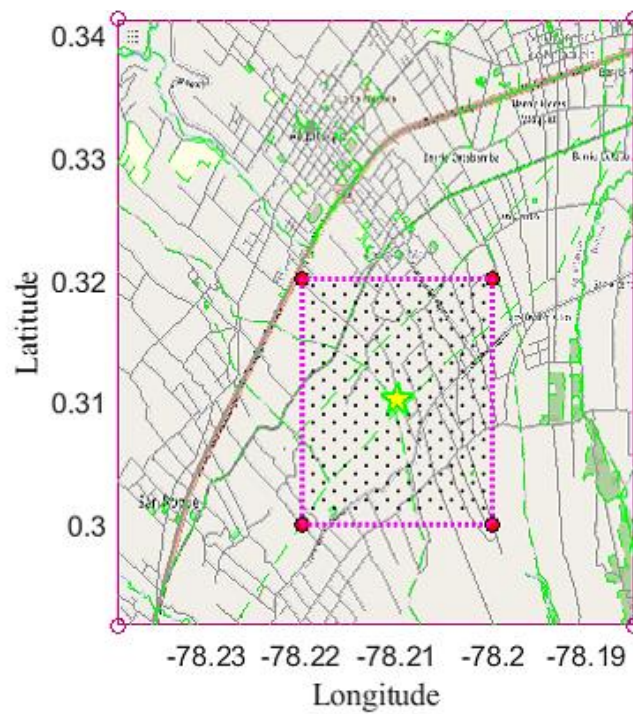


Figura 20. Mapa de localidad seleccionada en el cantón Antonio Ante. [Autor]

CANTÓN COTACACHI

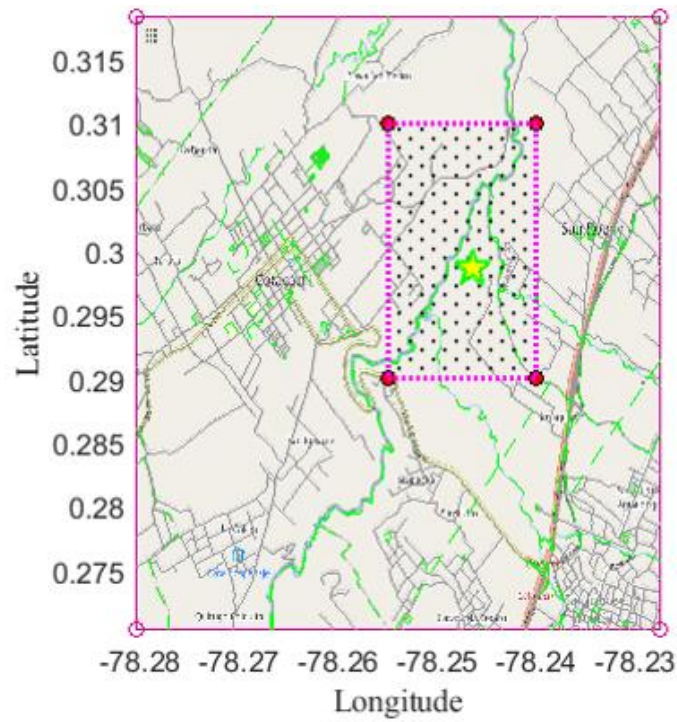


Figura 21. Mapa de localidad seleccionada en el cantón Cotacachi. [Autor]

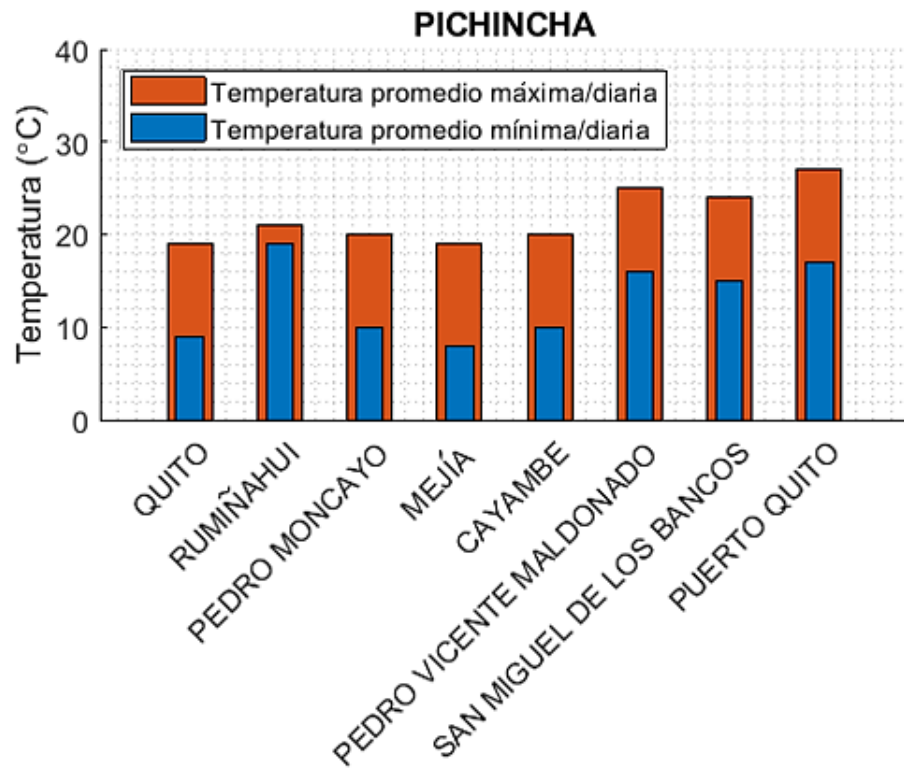


Figura 22. Temperaturas promedio de la provincia de Pichincha. [Autor]

CANTÓN QUITO

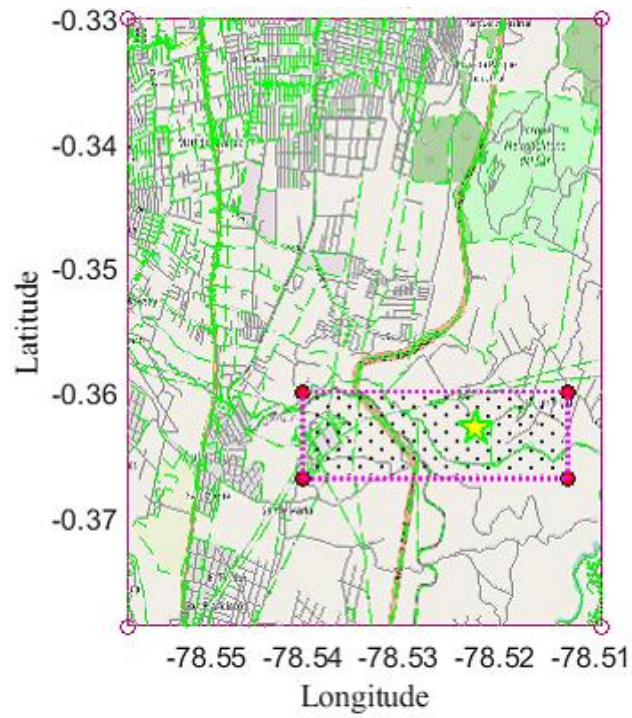


Figura 23. Mapa de localidad seleccionada en el cantón Quito. [autor]

CANTÓN RUMIÑAHUI

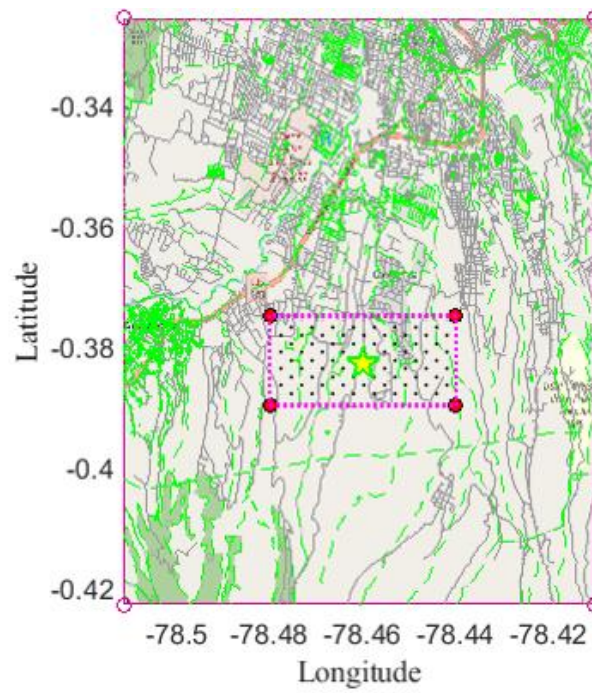


Figura 24. Mapa de localidad seleccionada en el cantón Rumiñahui. [Autor]

CANTÓN PEDRO MONCAYO

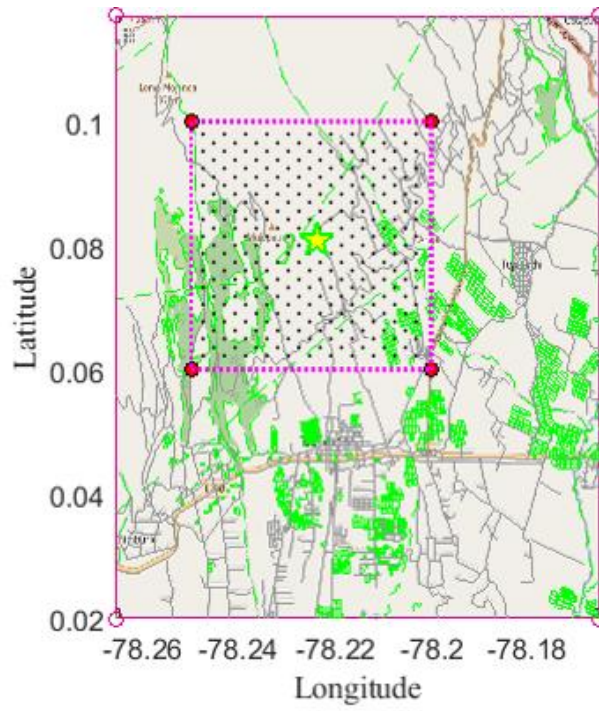


Figura 25. Mapa de localidad seleccionada en el cantón Pedro Moncayo [Autor]

CANTÓN MEJÍA

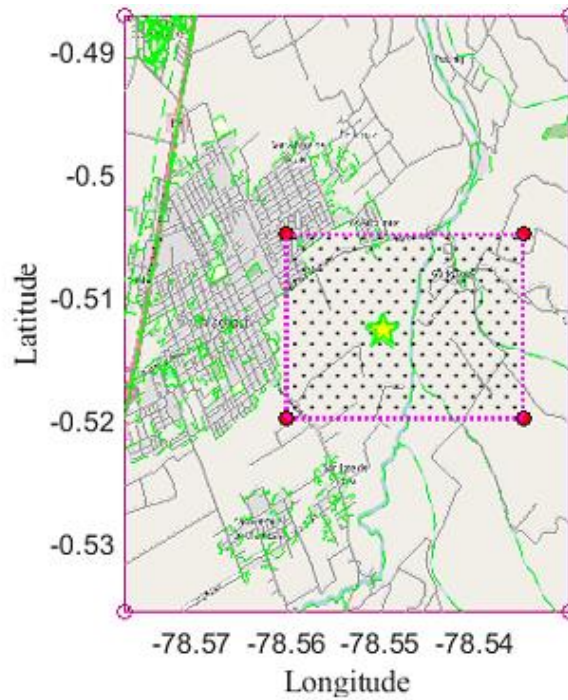


Figura 26. Mapa de localidad seleccionada en el cantón Mejía. [Autor]

CANTÓN CAYAMBE

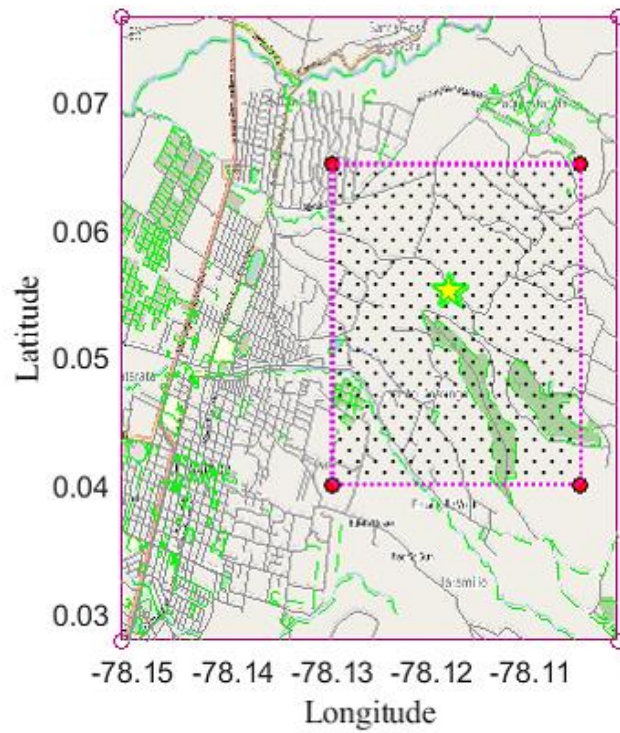


Figura 27. Mapa de localidad seleccionada en el cantón Cayambe. [Autor]

CANTÓN PEDRO VICENTE MALDONADO

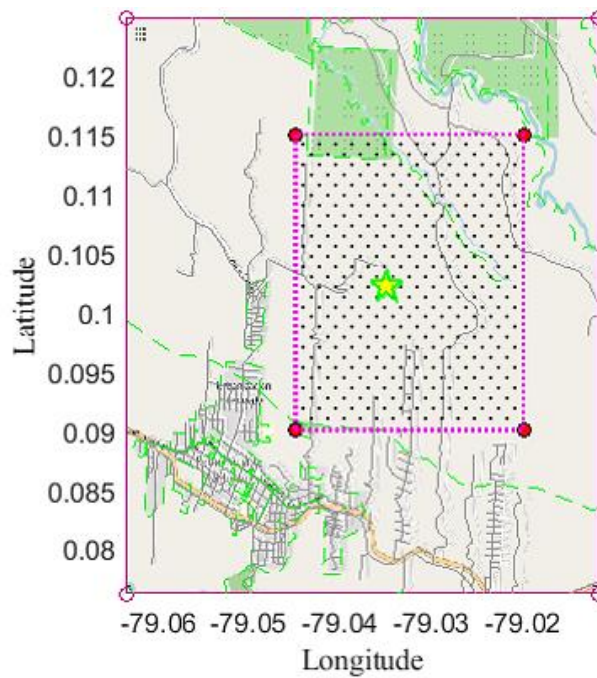


Figura 28. Mapa de localidad seleccionada en el cantón Pedro Vicente Maldonado. [Autor]

CANTÓN SAN MIGUEL DE LOS BANCOS

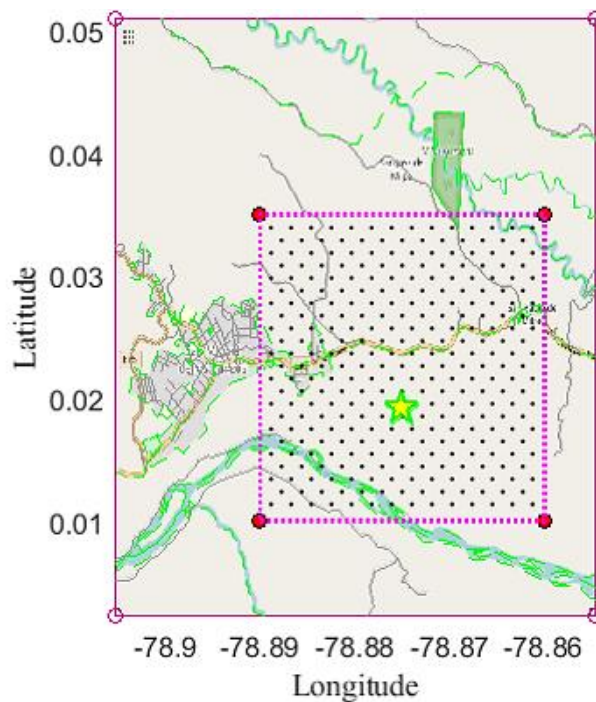


Figura 29. Mapa de localidad seleccionada en el cantón San Miguel de los Bancos. [Autor]

CANTÓN PUERTO QUITO

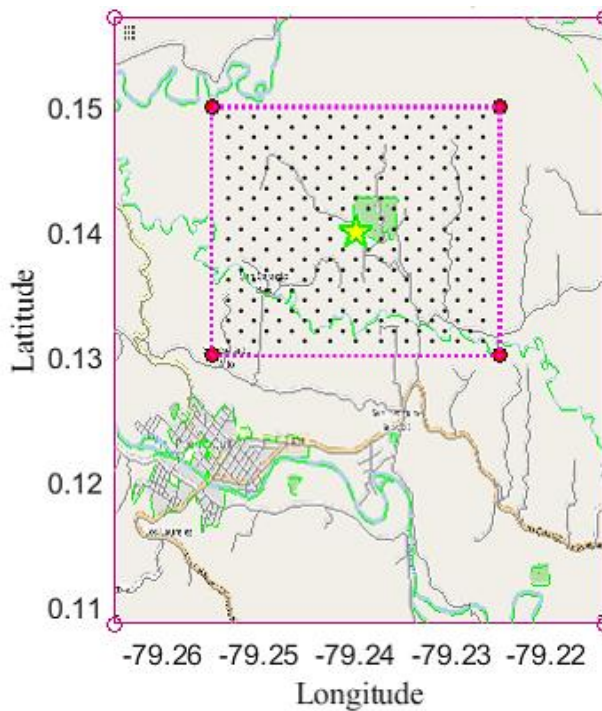


Figura 30. Mapa de localidad seleccionada en el cantón Puerto Quito. [Autor]

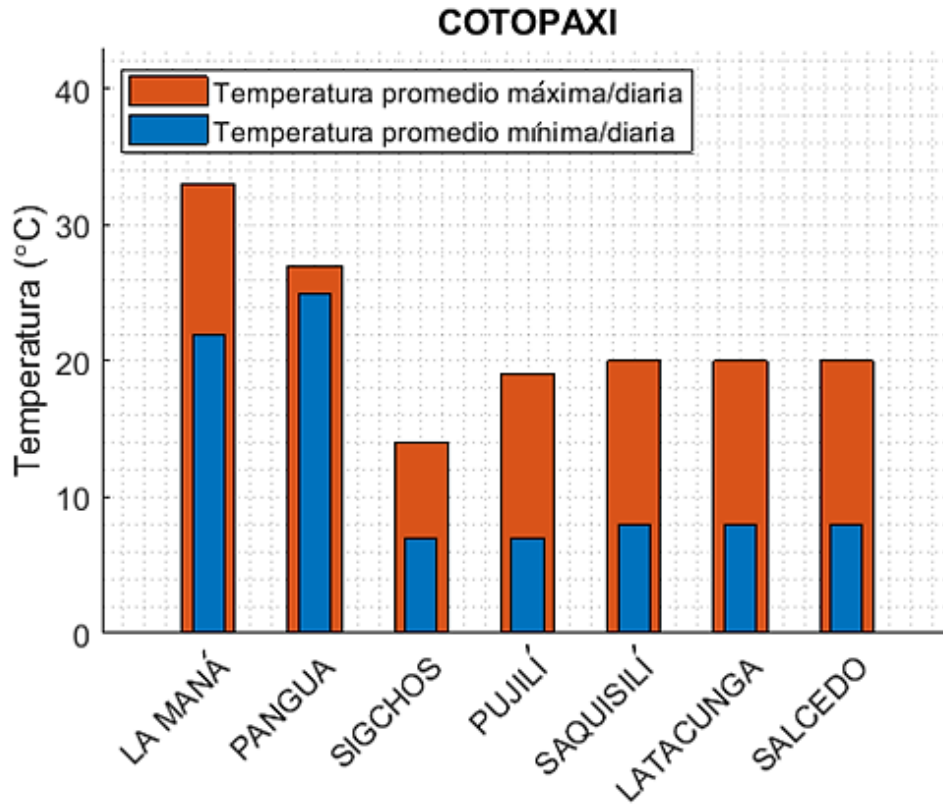


Figura 31. Temperaturas promedio de la provincia de Imbabura [Autor]

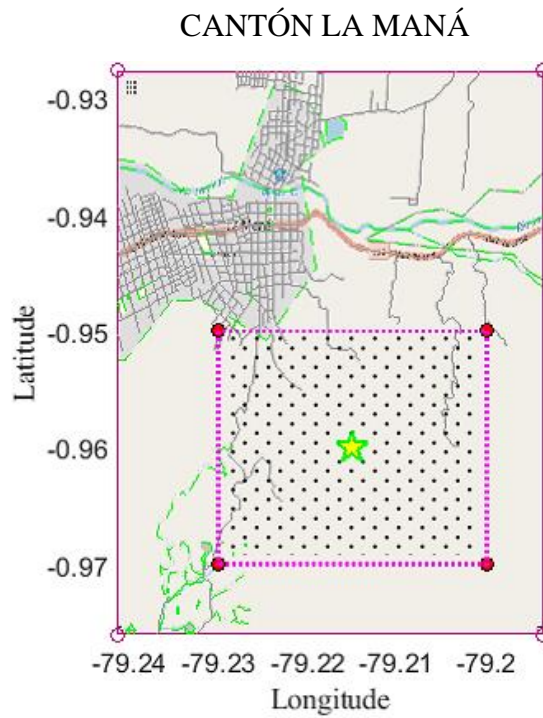


Figura 32. Mapa de localidad seleccionada en el cantón La Maná. [Autor]

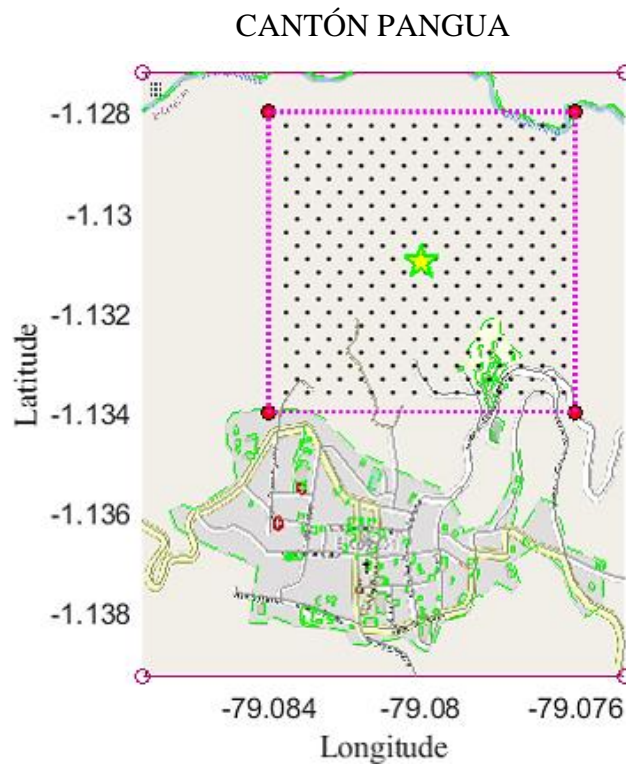


Figura 33. Mapa de localidad seleccionada en el cantón Pangua. [Autor]

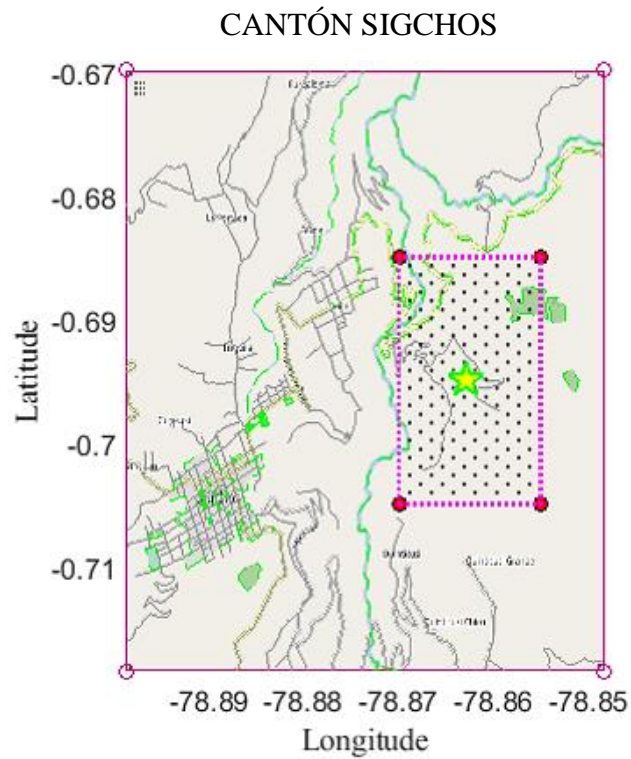


Figura 34. Mapa de localidad seleccionada para en el cantón Sigchos [Autor].

CANTÓN PUJILÍ

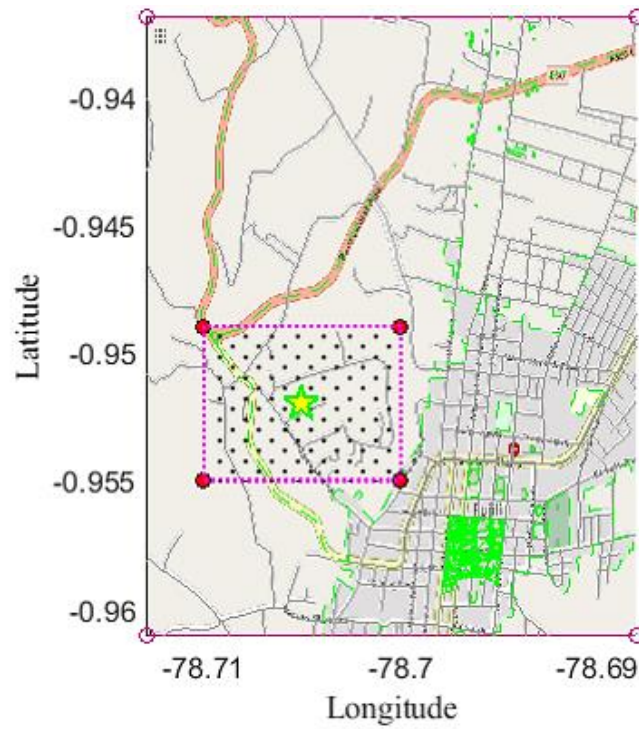


Figura 35. Mapa de localidad seleccionada en el cantón Pujilí. [Autor]

CANTÓN SAQUISILÍ

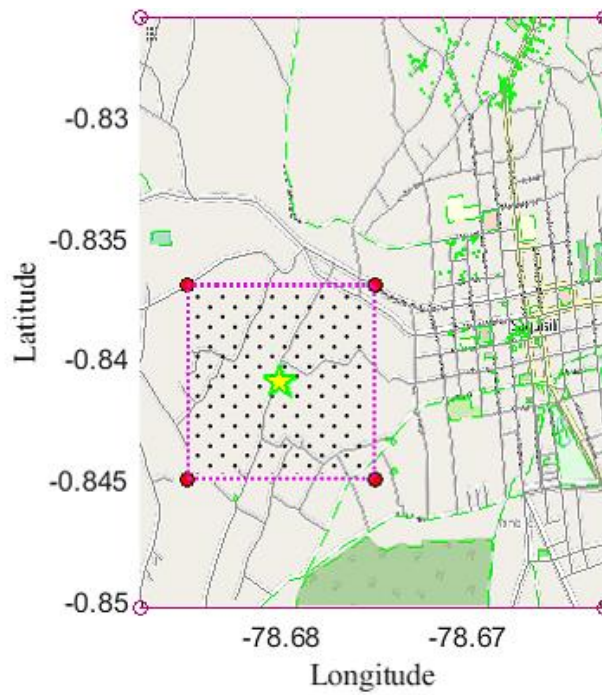


Figura 36. Mapa de localidad seleccionada en el cantón Saquisilí. [Autor]

CANTÓN LATACUNGA

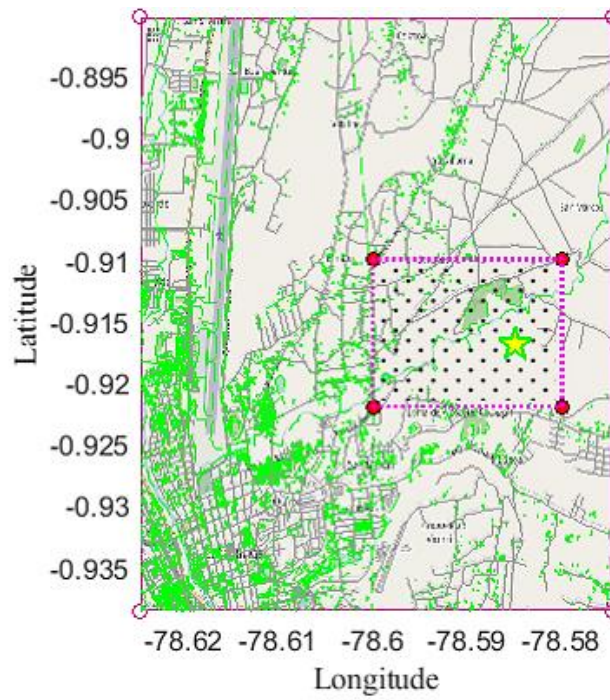


Figura 37. Mapa de localidad seleccionada en el cantón Latacunga. [Autor]

CANTÓN SAN MIGUEL DE SALCEDO

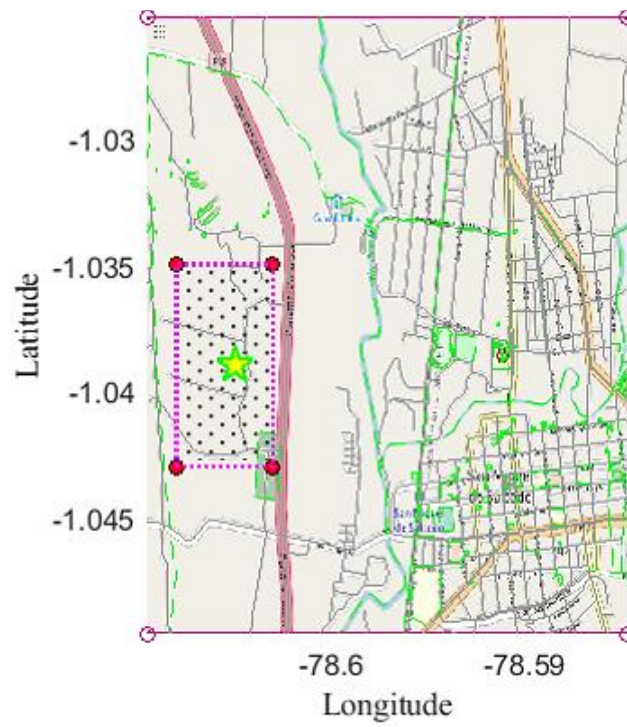


Figura 38. Mapa de localidad seleccionada en el cantón Salcedo. [Autor]

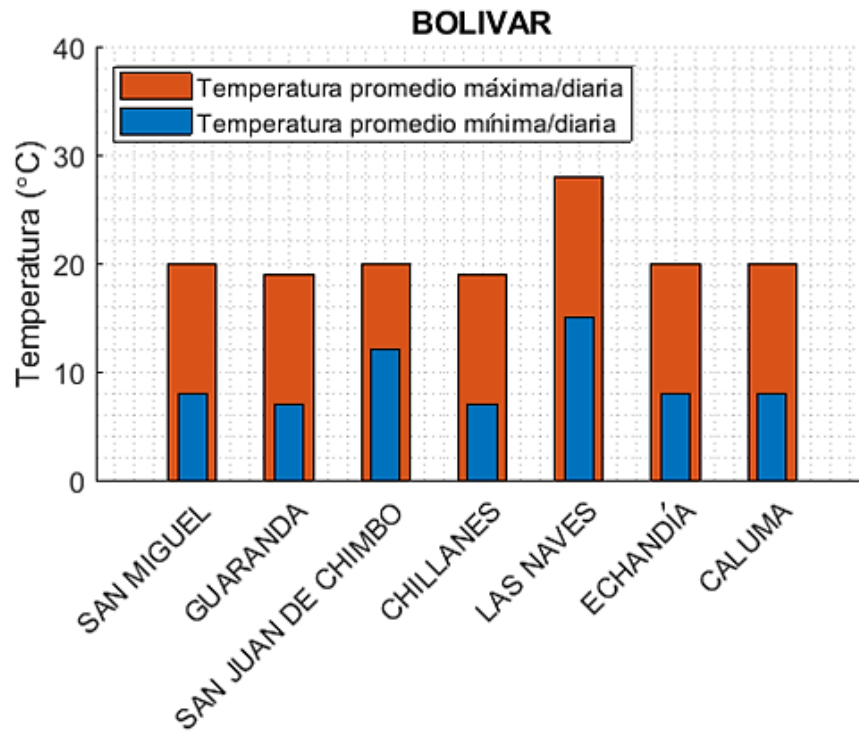


Figura 39. Temperaturas promedio de la provincia de Bolívar. [Autor]

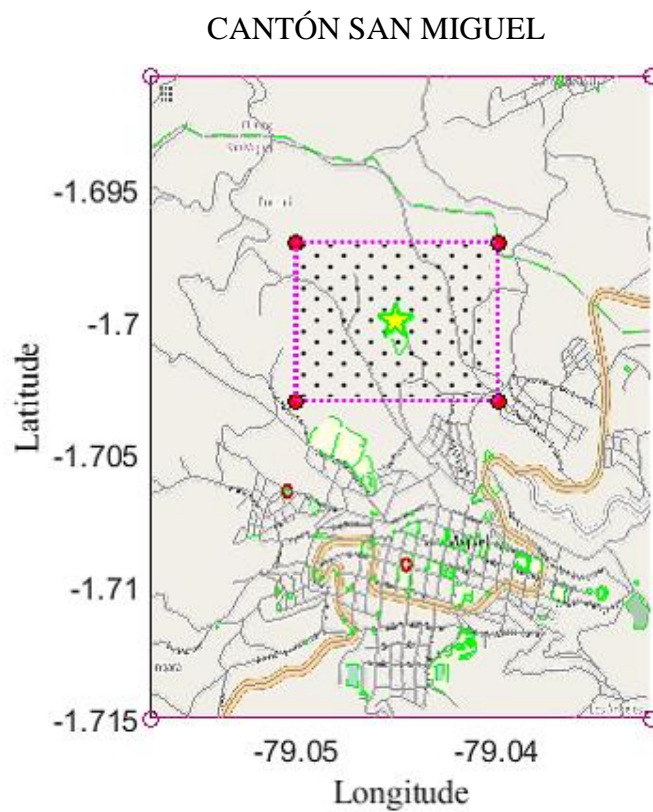


Figura 40. Mapa de localidad seleccionada en el cantón Salcedo. [Autor]

CANTÓN GUARANDA

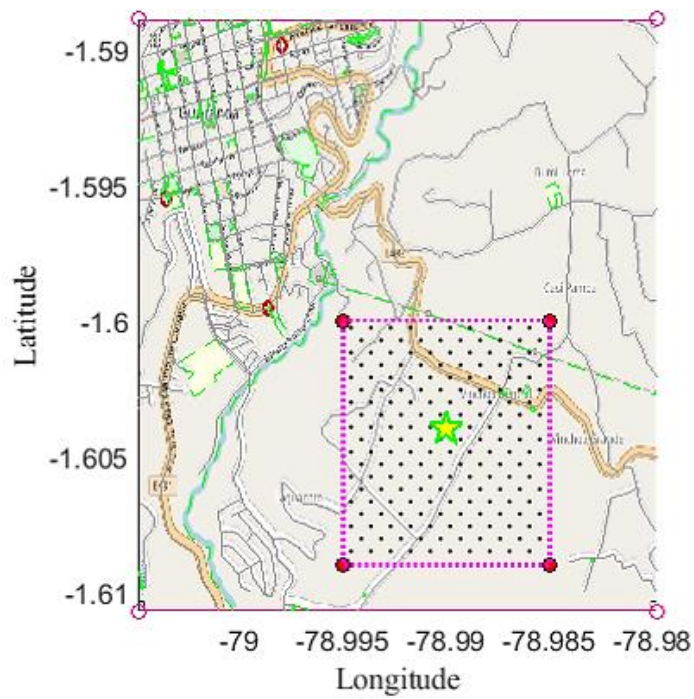


Figura 41. Mapa de localidad seleccionada en el cantón Guaranda. [Autor]

CANTÓN SAN JUAN DE CHIMBO

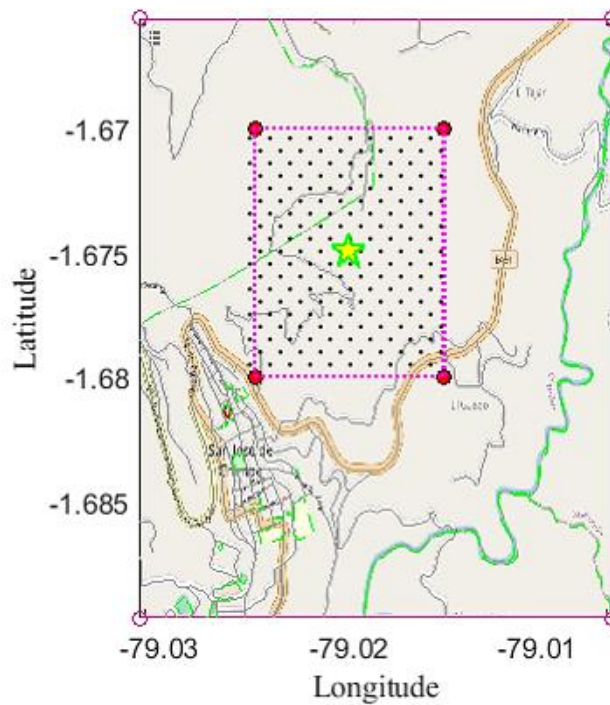


Figura 42. Mapa de localidad seleccionada en el cantón Chimbo. [Autor]

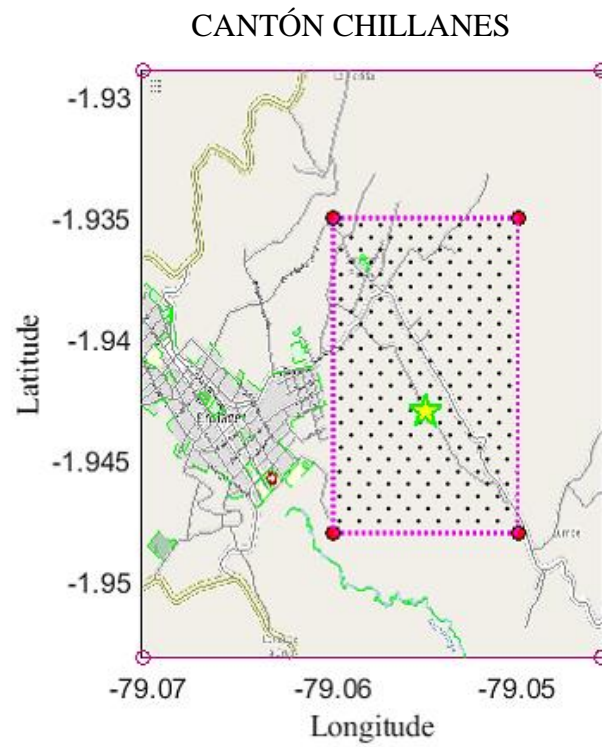


Figura 43. Mapa de localidad seleccionada en el cantón Chillanes. [Autor]

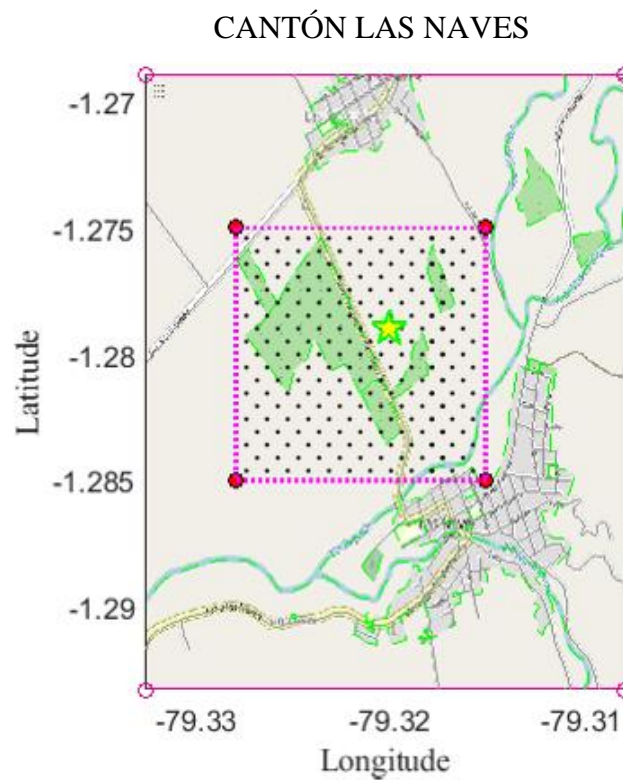


Figura 44. Mapa de localidad seleccionada en el cantón Las Naves. [Autor]

CANTÓN ECHANDÍA

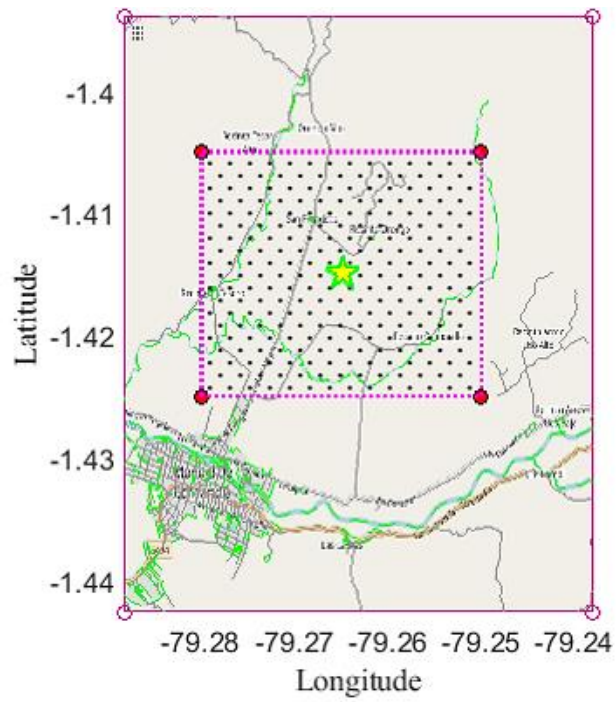


Figura 45. Mapa de localidad seleccionada en el cantón Echandía. [Autor]

CANTÓN CALUMA

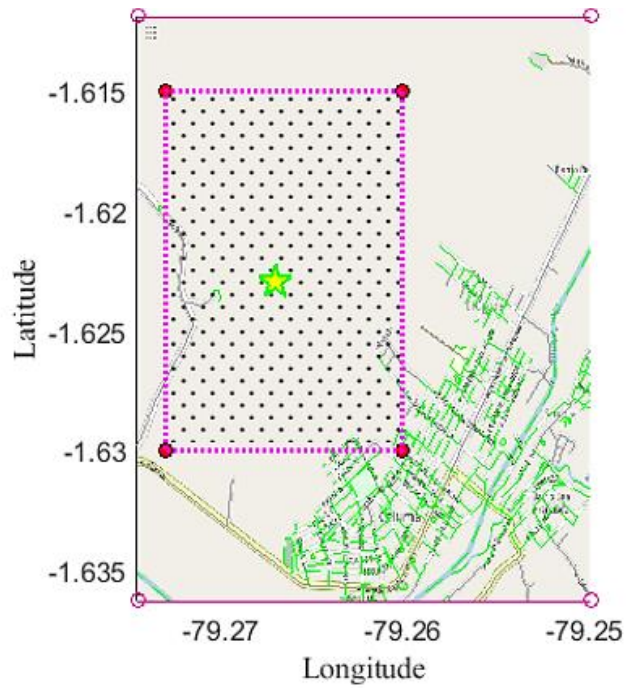


Figura 46. Mapa de localidad seleccionada en el cantón Caluma. [Autor]

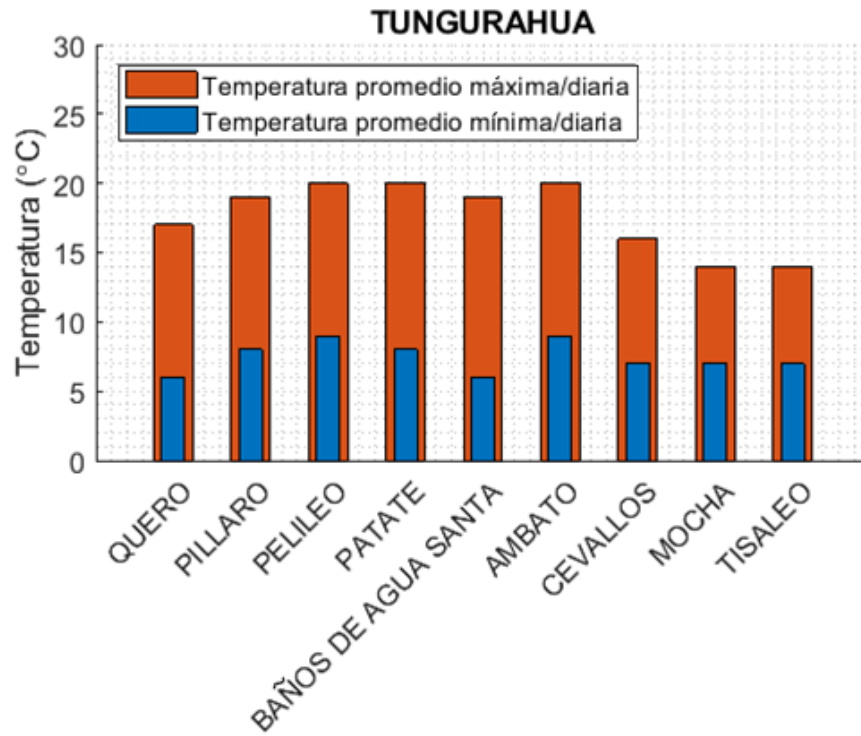


Figura 47. Temperaturas promedio de la provincia de Tungurahua. [Autor]

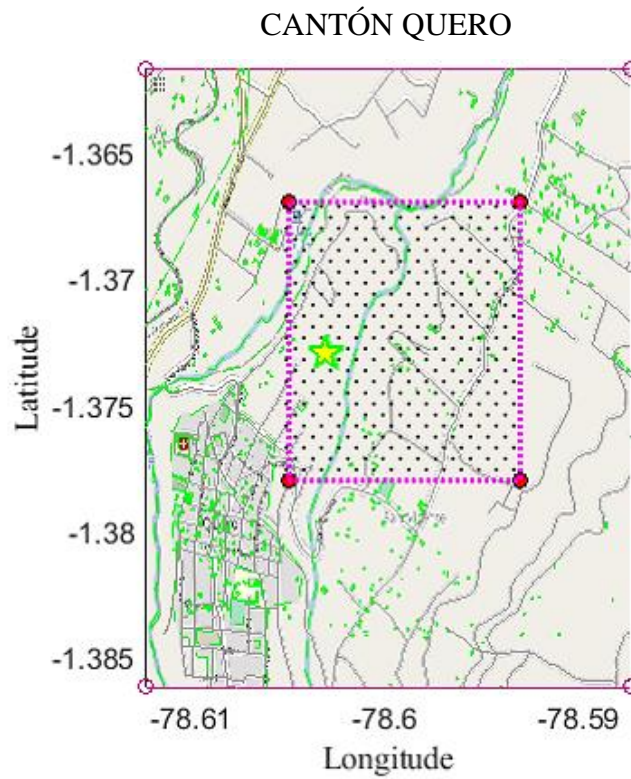


Figura 48. Mapa de localidad seleccionada en el cantón Quero. [Autor]

CANTÓN PÍLLARO

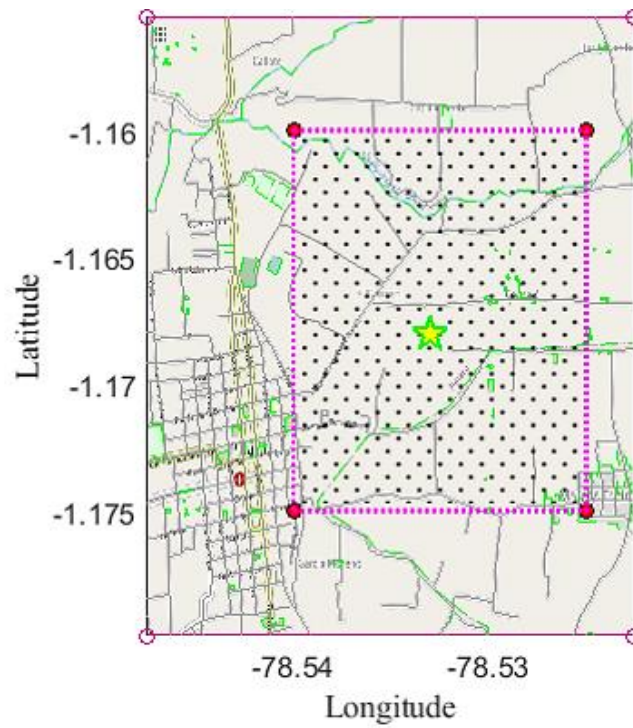


Figura 49. Mapa de localidad seleccionada en el cantón Píllaro [Autor]

CANTÓN PELILEO

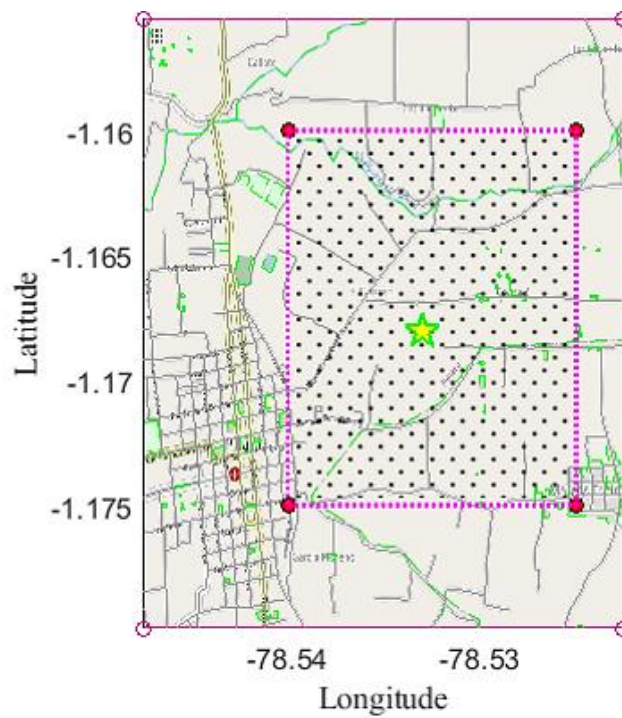


Figura 50. Mapa de localidad seleccionada en el cantón Pelileo. [Autor]

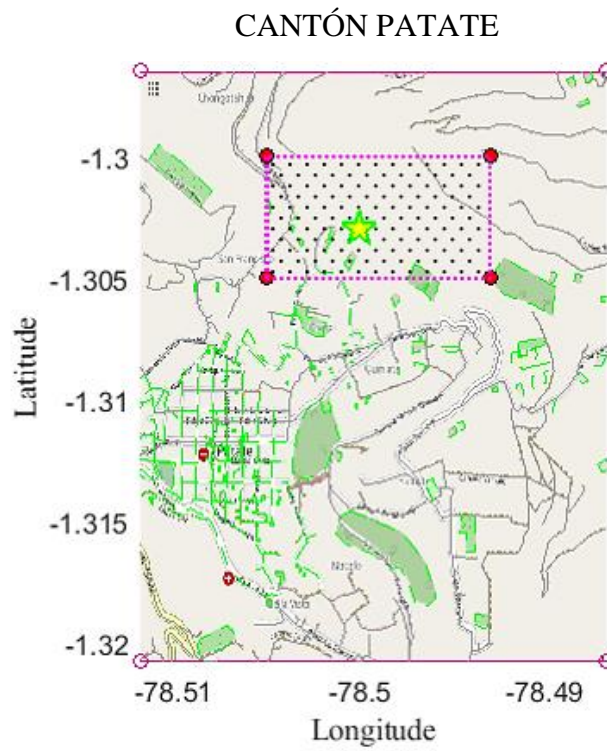


Figura 51. Mapa de localidad seleccionada en el cantón Patate. [Autor]

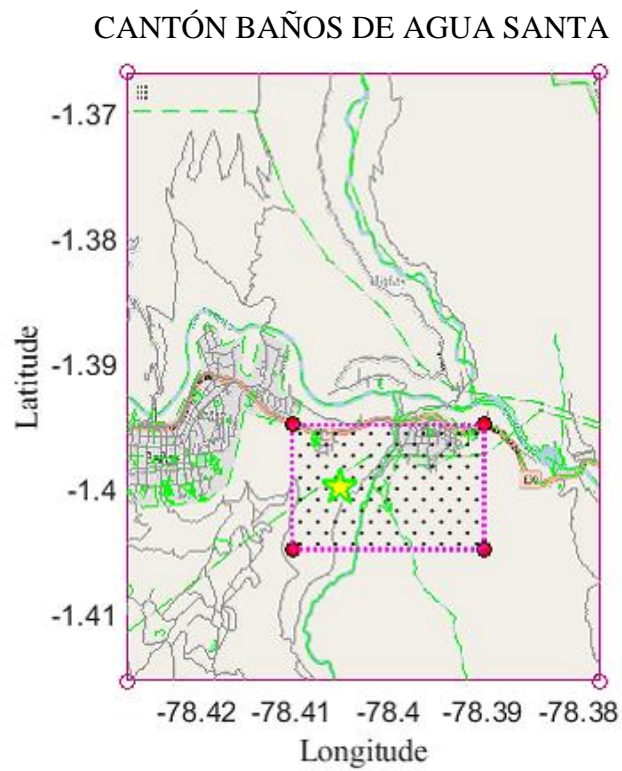


Figura 52. Mapa de localidad seleccionada cantón Baños de Agua Santa. [Autor]

CANTÓN AMBATO

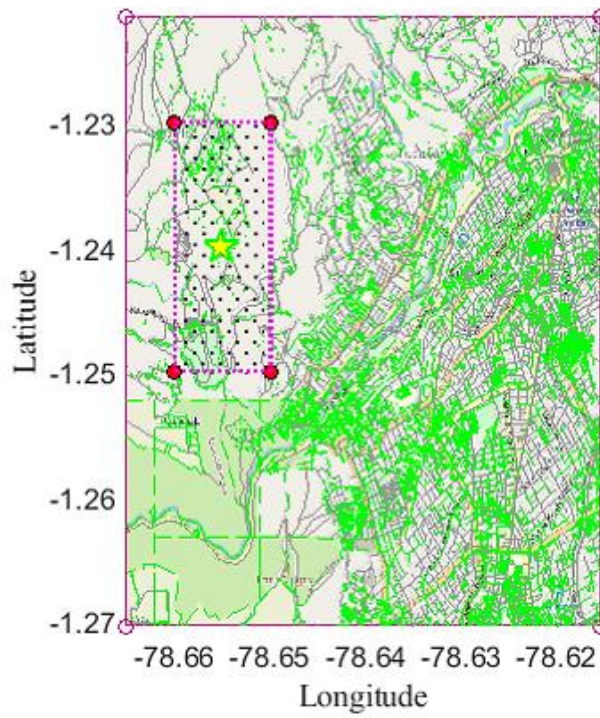


Figura 53. Mapa de localidad seleccionada en el cantón Ambato. [Autor]

CANTÓN CEVALLOS

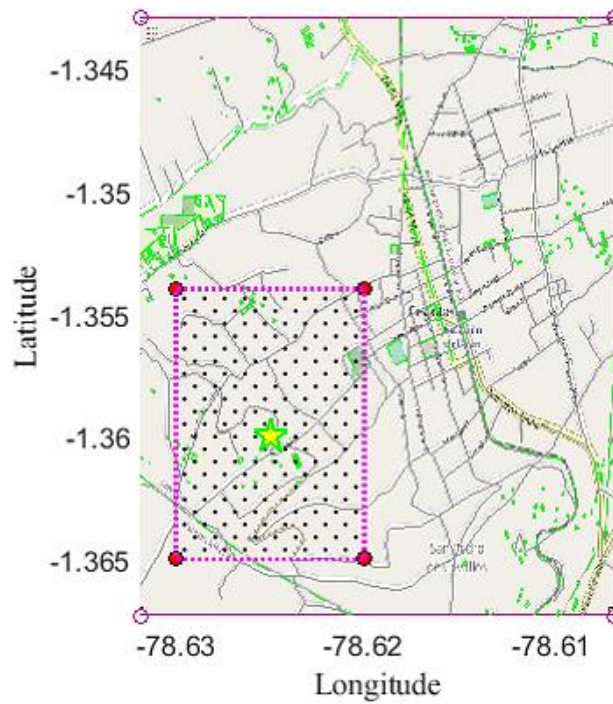


Figura 54. Mapa de localidad seleccionada en el cantón Ambato. [Autor]

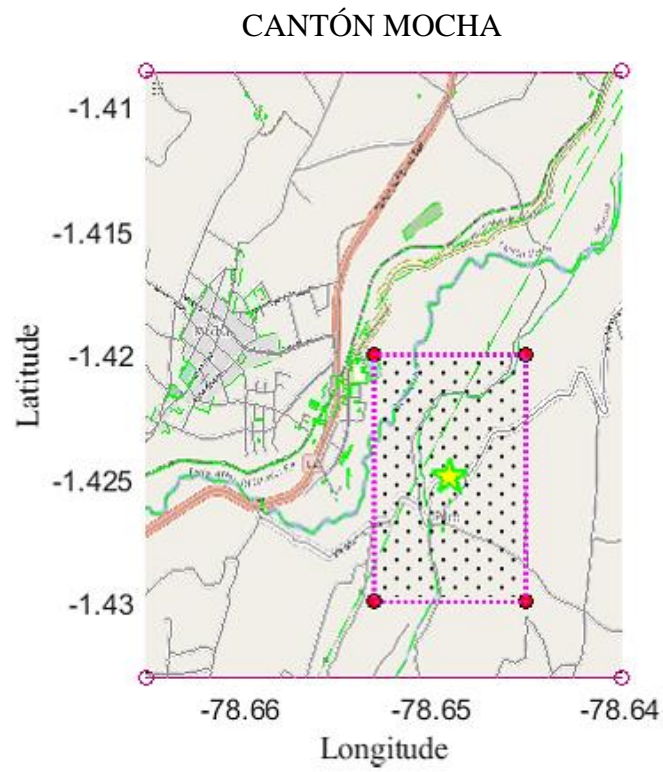


Figura 55. Mapa de localidad seleccionada en el cantón Mocha. [Autor]

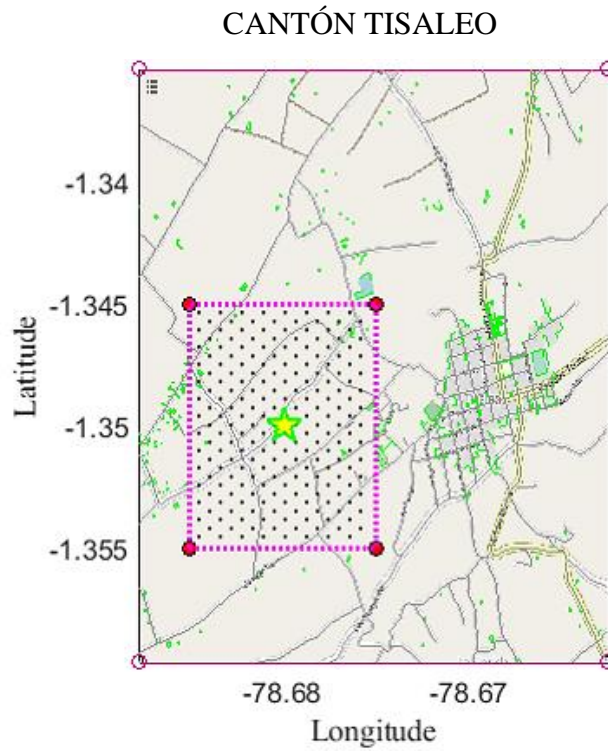


Figura 56. Mapa de localidad seleccionada en el cantón Tisaleo. [Autor]

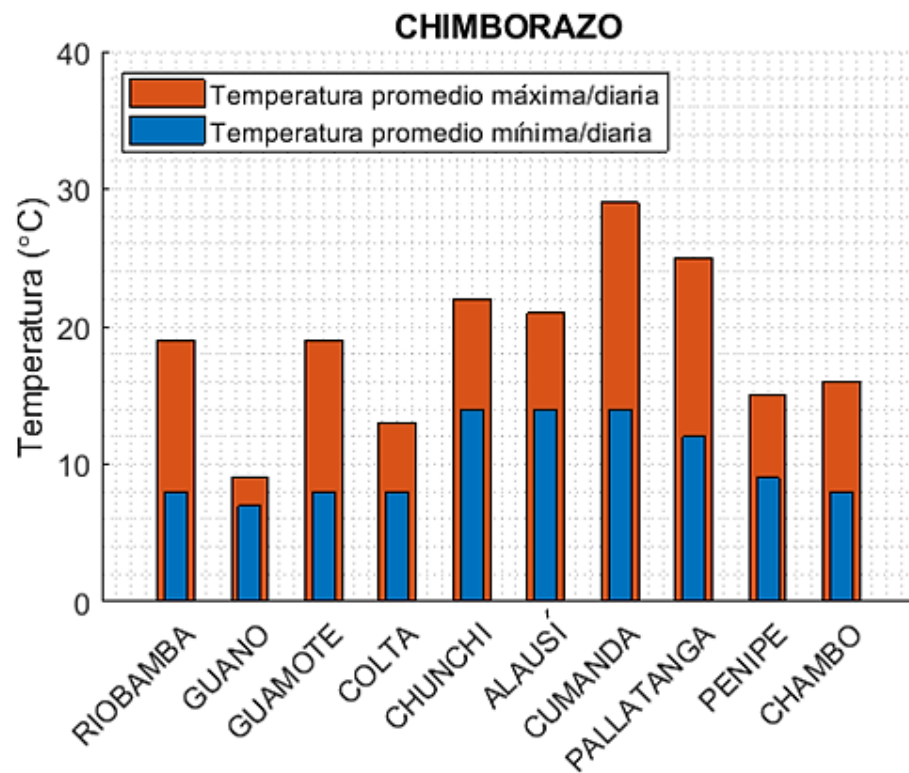


Figura 57. Temperaturas promedio de la provincia de Chimborazo. [Autor]

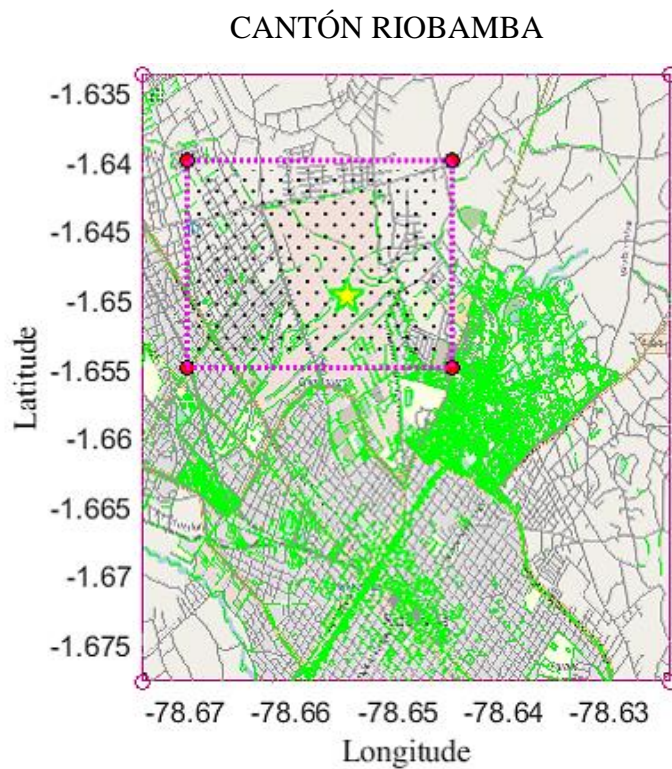


Figura 58. Mapa de localidad seleccionada en el cantón Riobamba. [Autor]

CANTÓN GUANO

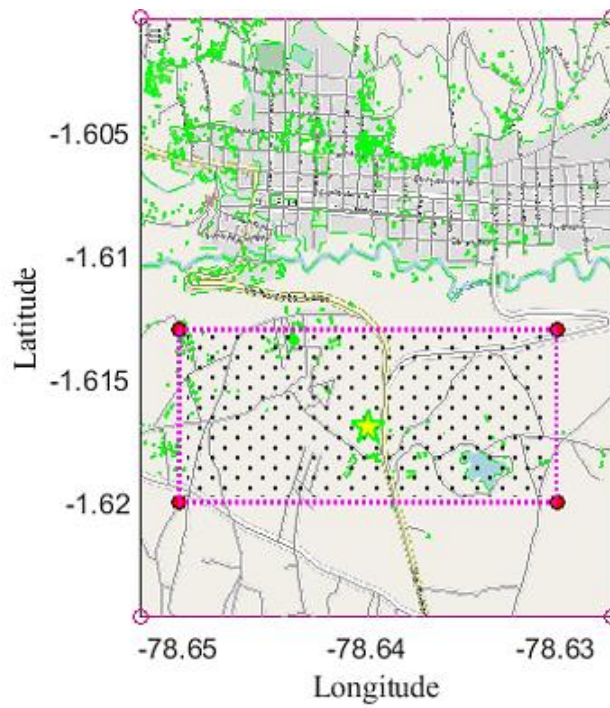


Figura 59. Mapa de localidad seleccionada en el cantón Guano. [Autor]

CANTÓN GUAMOTE

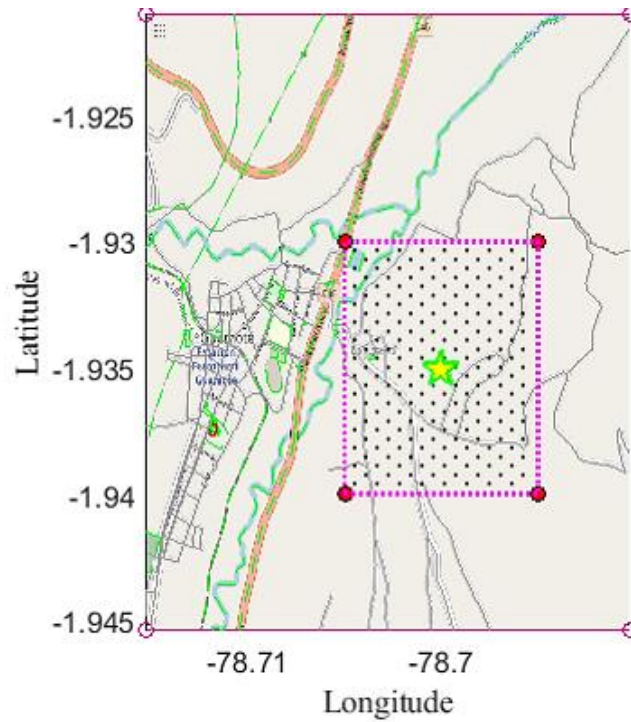


Figura 60. Mapa de localidad seleccionada en el cantón Guamote. [Autor]

CANTÓN COLTA

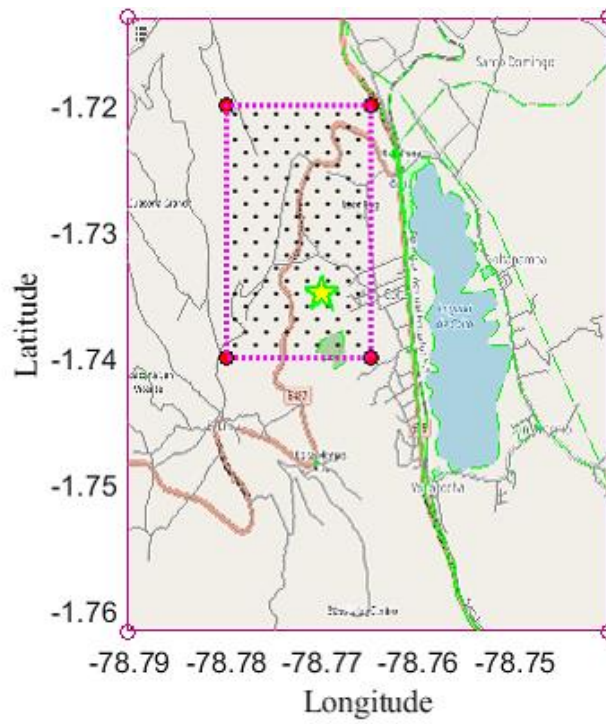


Figura 61. Mapa de localidad seleccionada en el cantón Colta. [Autor]

CANTÓN CHUNCHI

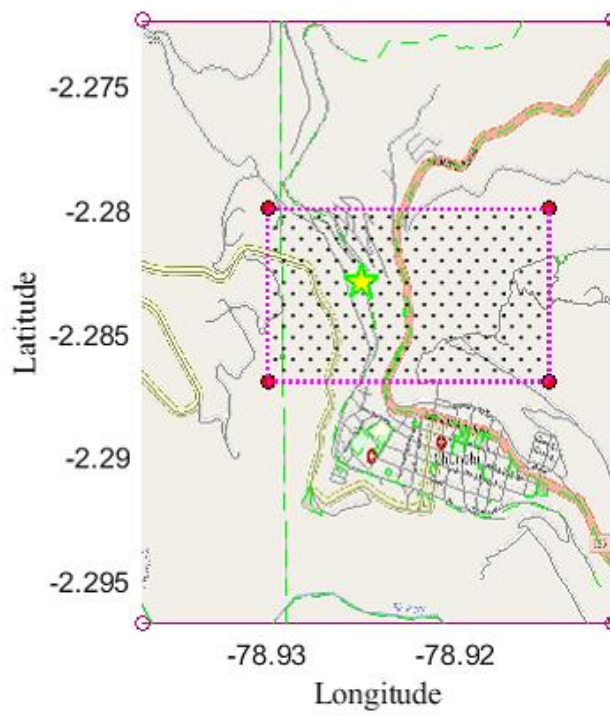


Figura 62. Mapa de localidad seleccionada en el cantón Chunchi. [Autor]

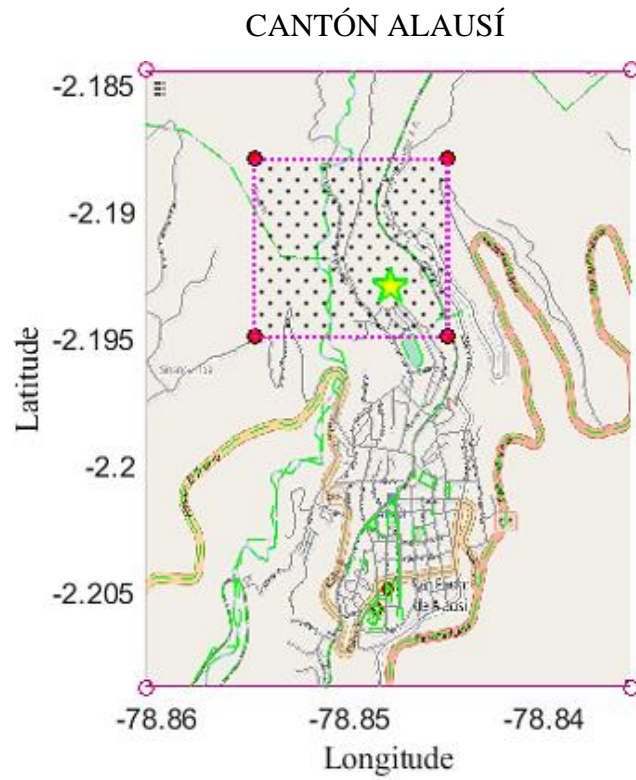


Figura 63. Mapa de localidad seleccionada en el cantón Alausí. [Autor]

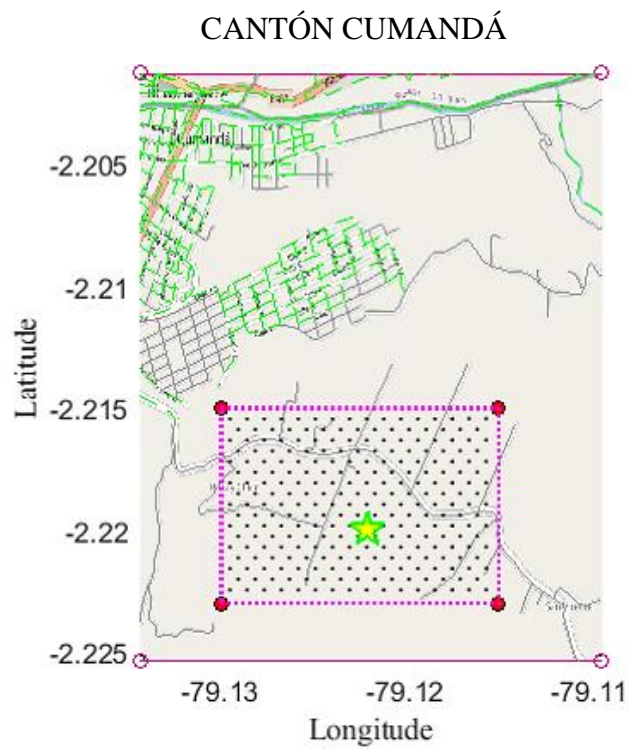


Figura 64. Mapa de localidad seleccionada en el cantón Cumandá. [Autor]

CANTÓN PALLATANGA

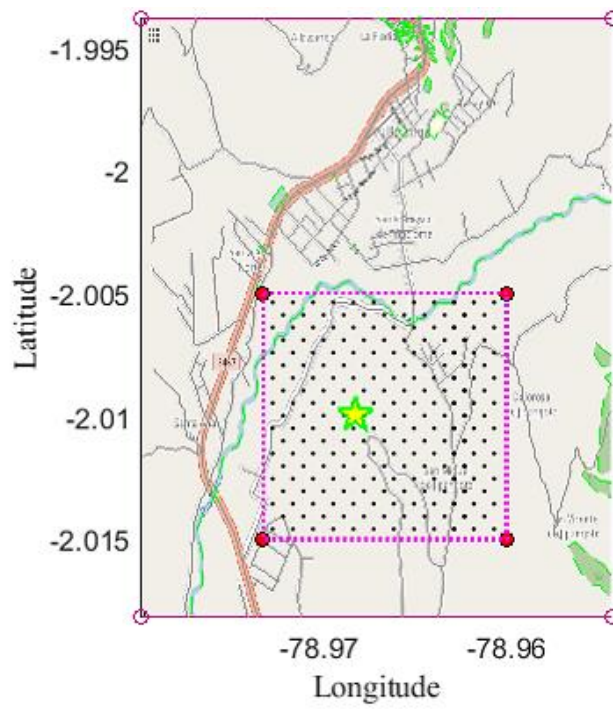


Figura 65. Mapa de localidad seleccionada en el cantón Pallatanga. [Autor]

CANTÓN PENIPE

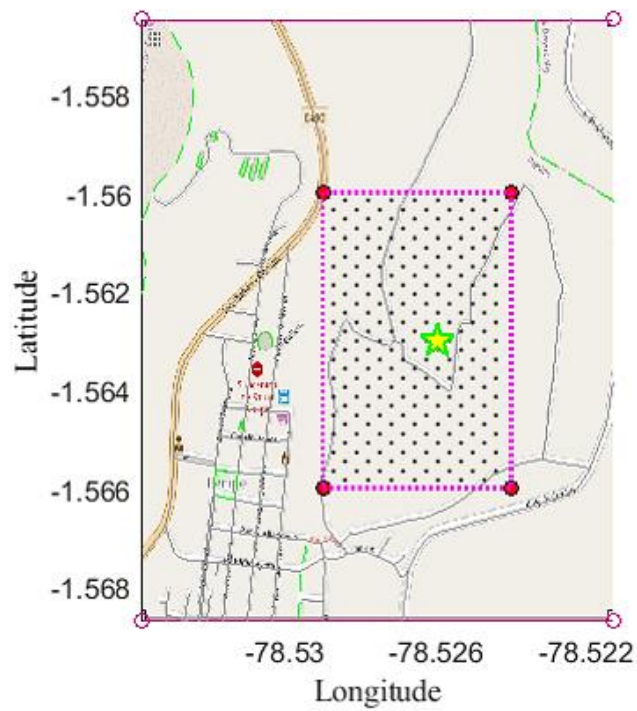


Figura 66. Mapa de localidad seleccionada en el cantón Penipe. [Autor]

CANTÓN CHAMBO

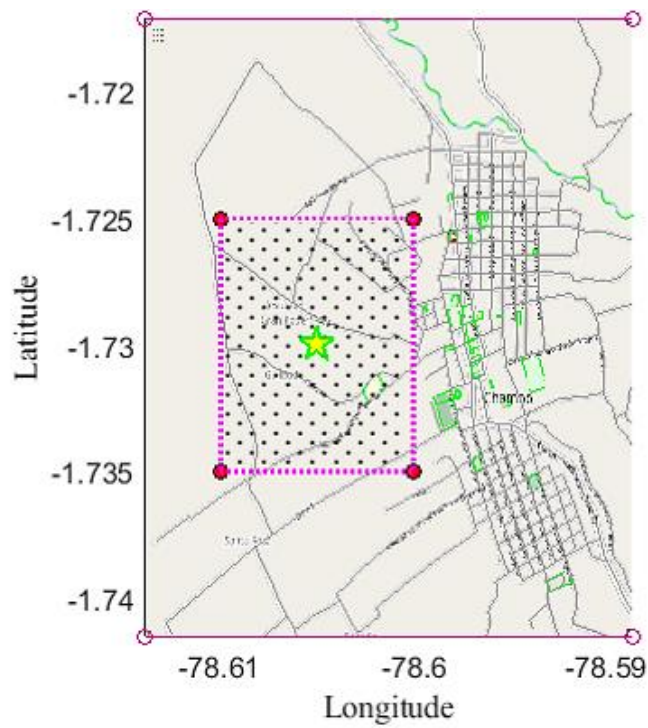


Figura 67. Mapa de localidad seleccionada en el cantón Chambo. [Autor]

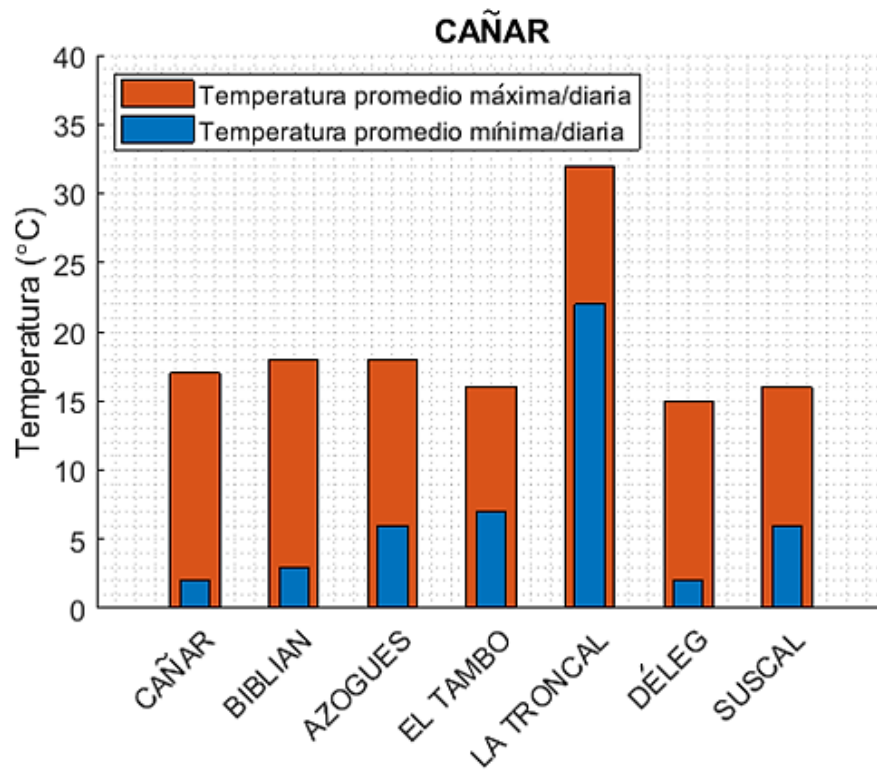


Figura 68. Temperaturas promedio de la provincia de Cañar. [Autor]

CANTÓN CAÑAR

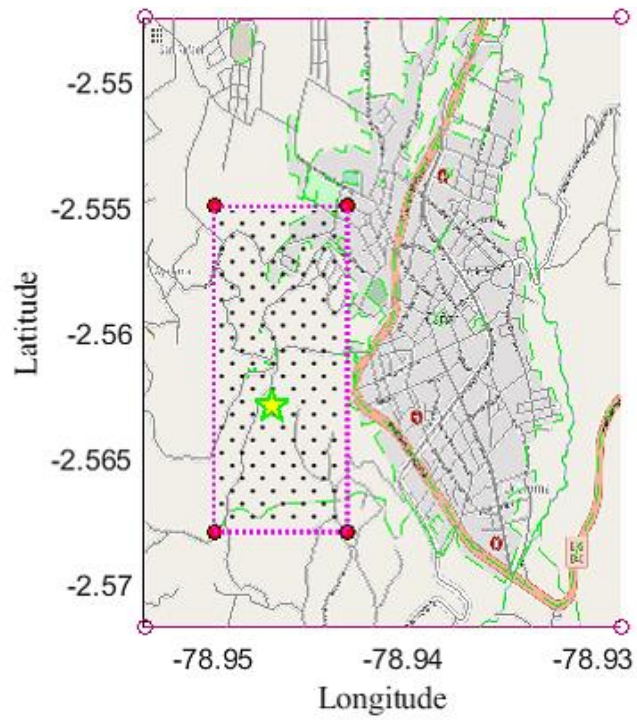


Figura 69. Mapa de localidad seleccionada en el cantón Cañar. [Autor]

CANTÓN BIBLIÁN

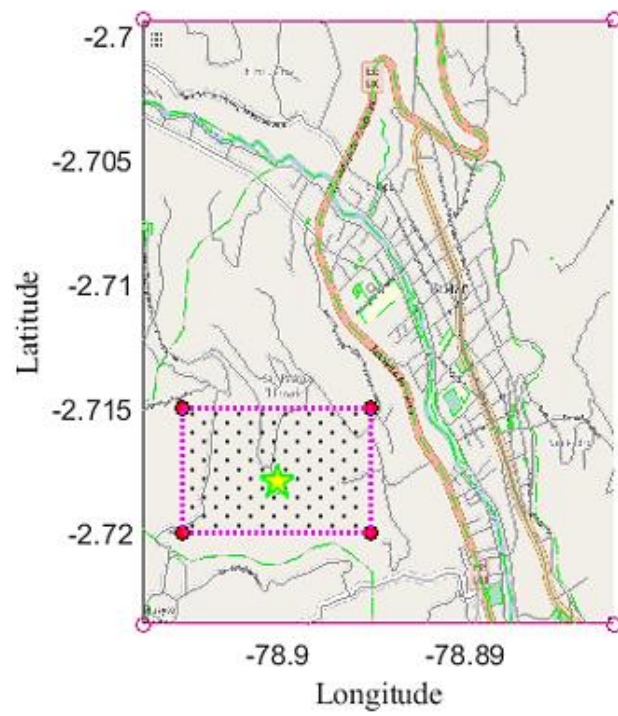


Figura 70. Mapa de localidad seleccionada en el cantón Biblián. [Autor]

CANTÓN AZOGUES

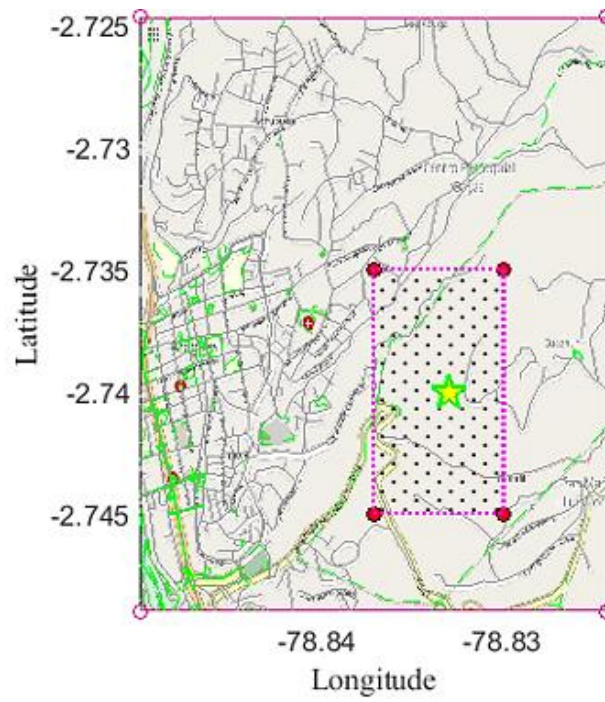


Figura 71. Mapa de localidad seleccionada en el cantón Azogues. [Autor]

CANTÓN EL TAMBO

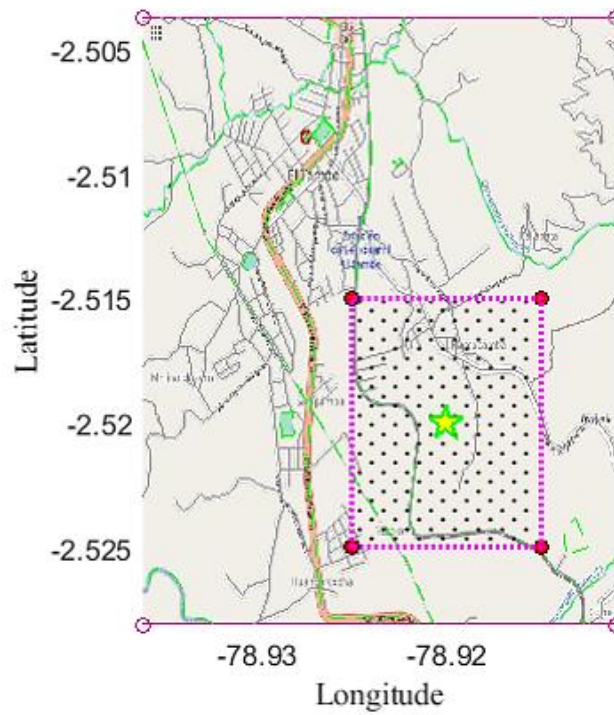


Figura 72. Mapa de localidad seleccionada en el cantón El Tambo. [Autor]

CANTÓN LA TRONCAL

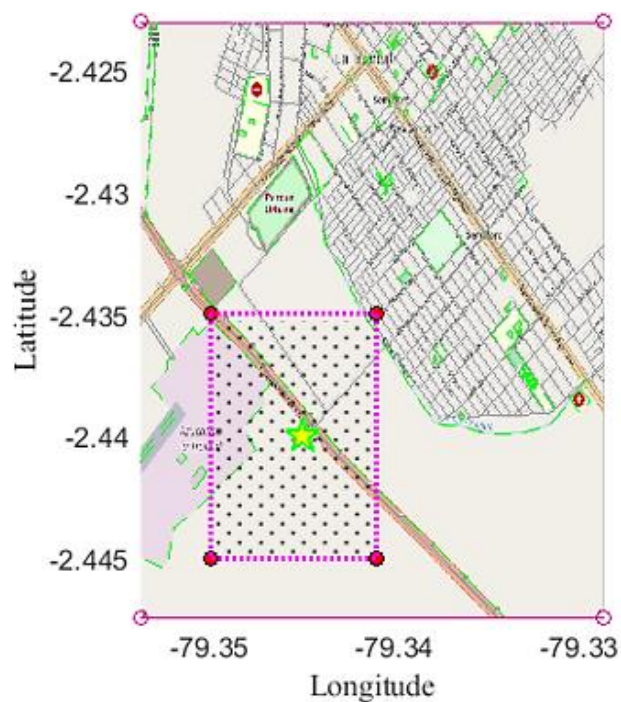


Figura 73. Mapa de localidad seleccionada en el cantón La Troncal. [Autor]

CANTÓN DÉLEG

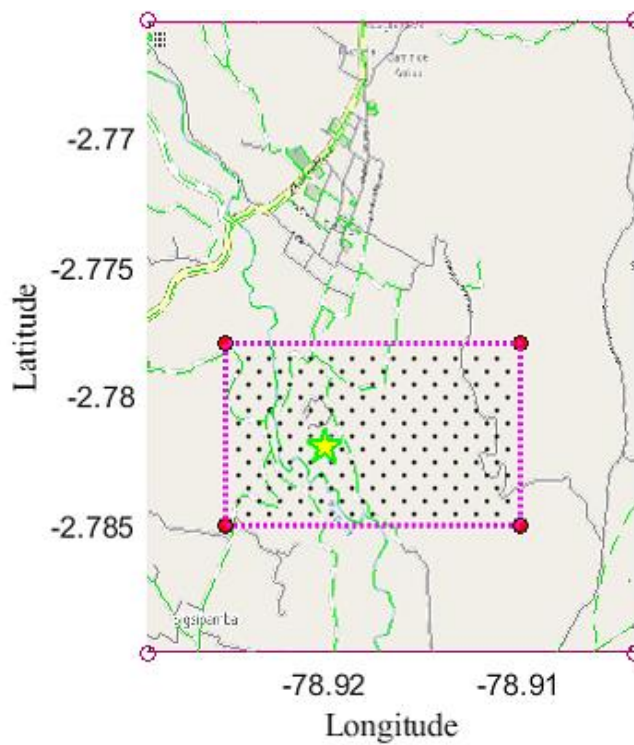


Figura 74. Mapa de localidad seleccionada en el cantón El Tambo. [Autor]

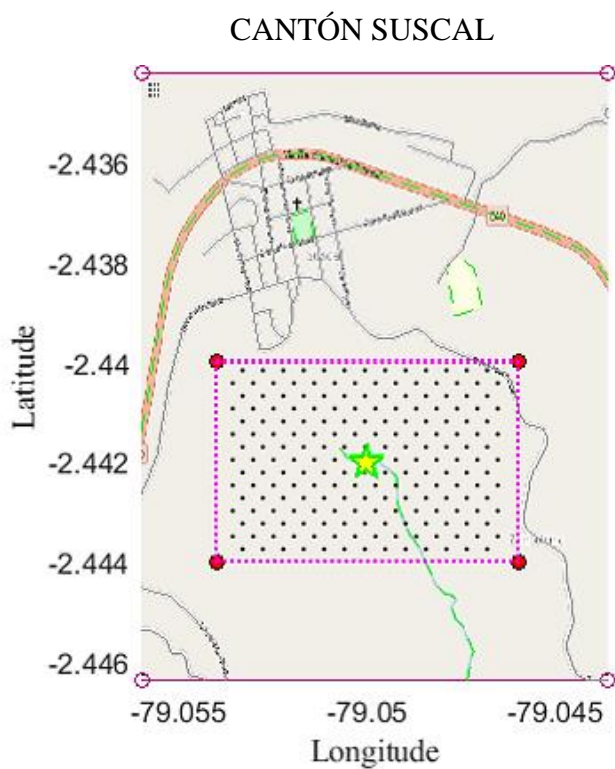


Figura 75. Mapa de localidad seleccionada en el cantón Suscal. [Autor]

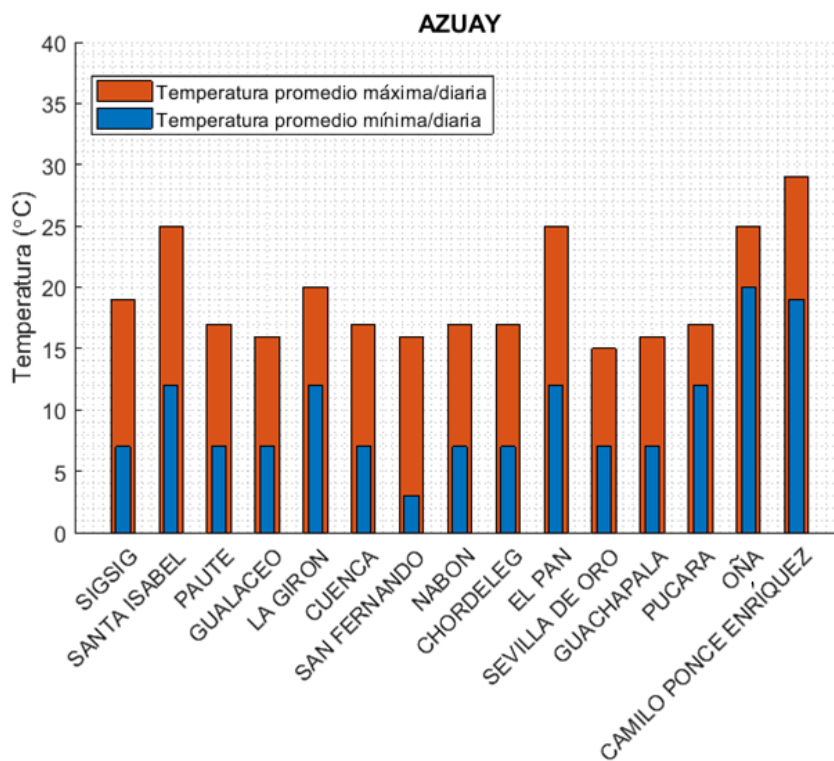


Figura 76. Temperaturas promedio de la provincia de Azuay. [Autor]

CANTÓN SÍGSIG

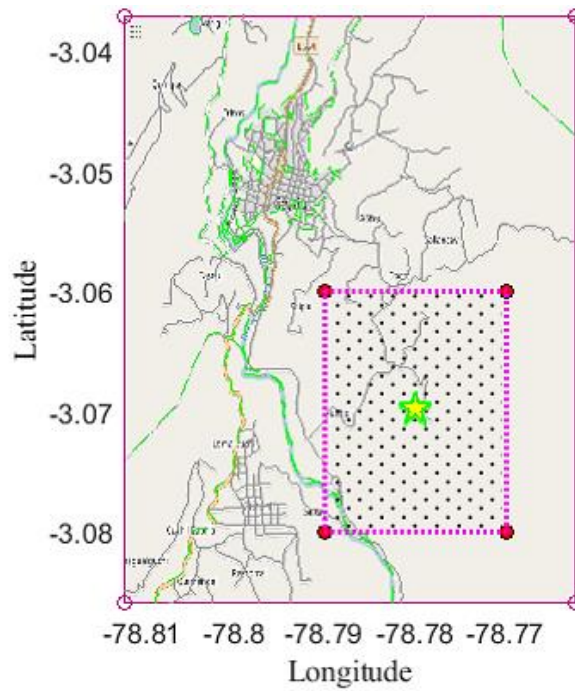


Figura 77. Mapa de localidad seleccionada en el cantón Sigsig. [Autor]

CANTÓN SANTA ISABEL

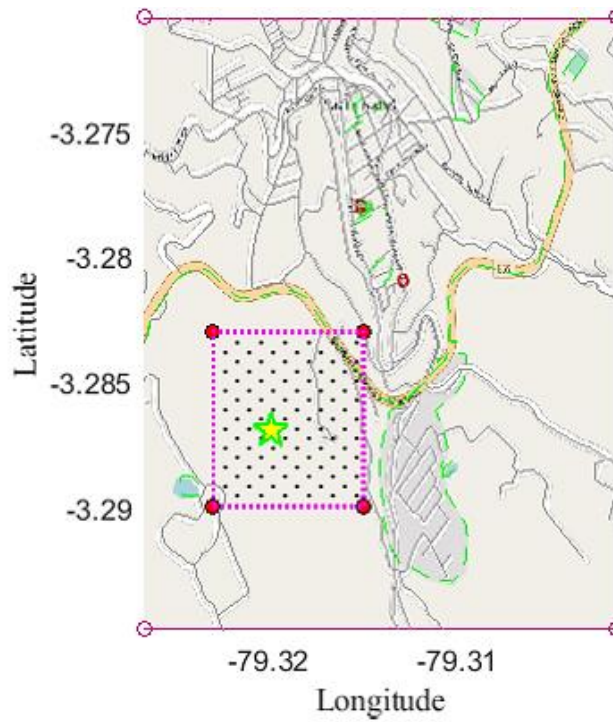


Figura 78. Mapa de localidad seleccionada en el cantón Suscal. [Autor]

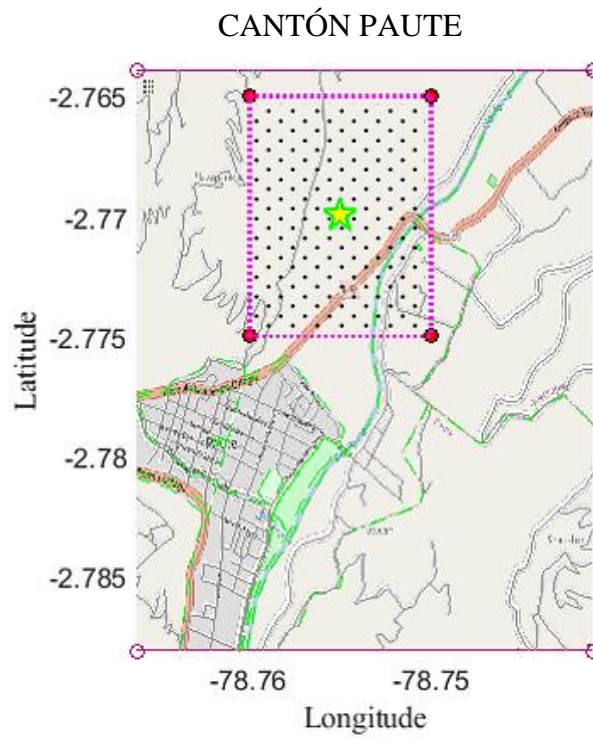


Figura 79. Mapa de localidad seleccionada en el cantón Paute. [Autor]

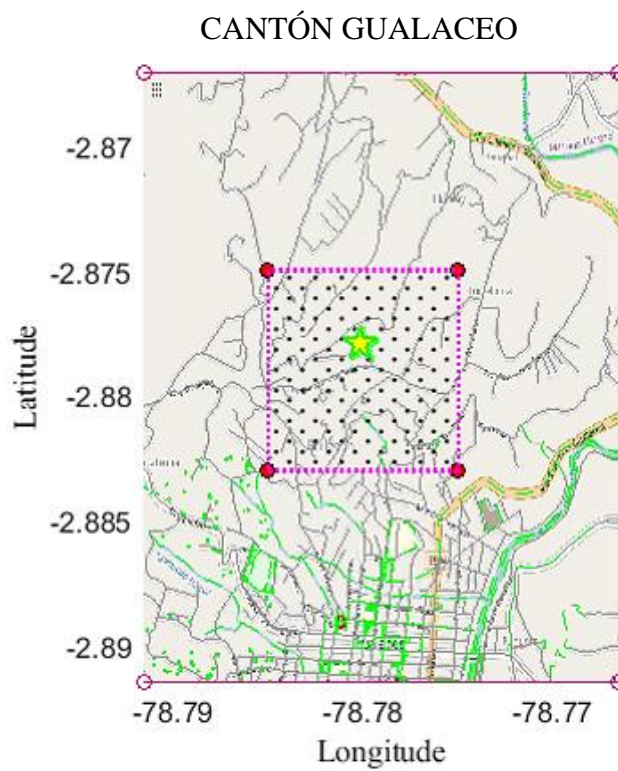


Figura 80. Mapa de localidad seleccionada en el cantón Gualaceo. [Autor]

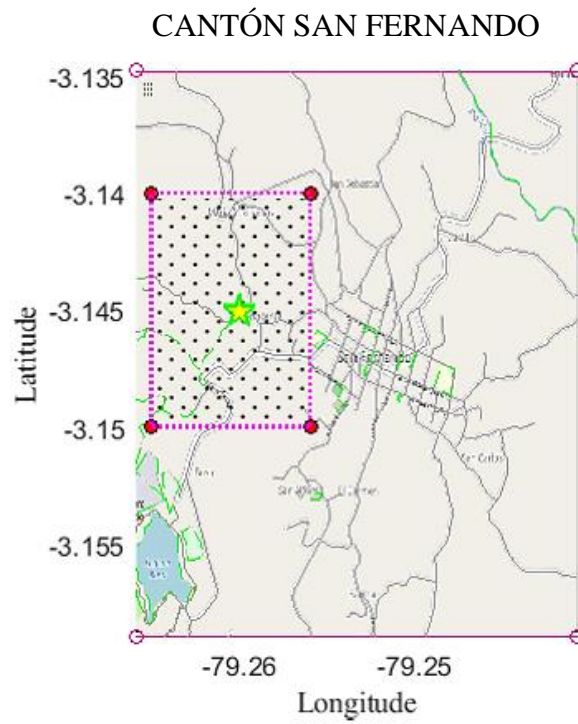


Figura 83. Mapa de localidad seleccionada en el cantón San Fernando. [Autor]

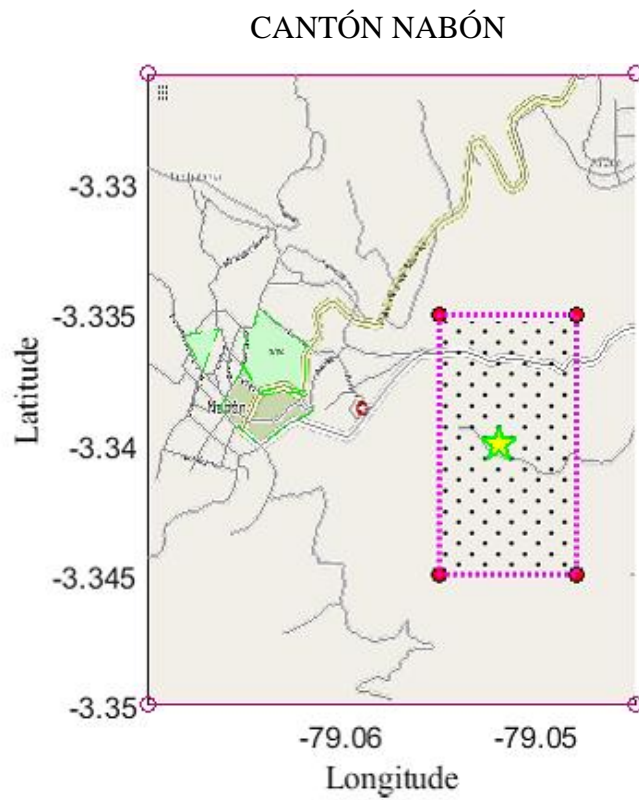


Figura 84. Mapa de localidad seleccionada en el cantón Nabón. [Autor]

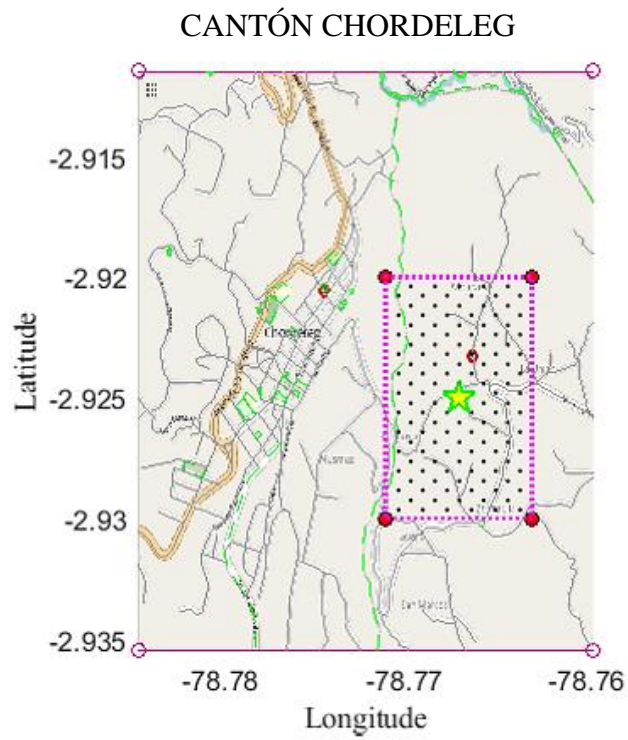


Figura 85. Mapa de localidad seleccionada en el cantón Chordeleg. [Autor]

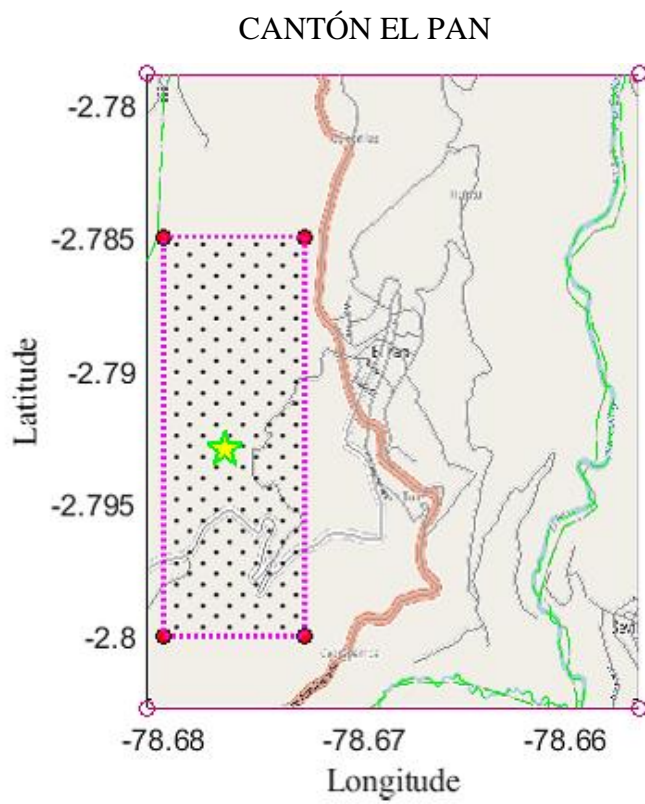


Figura 86. Mapa de localidad seleccionada en el cantón El Pan. [Autor]

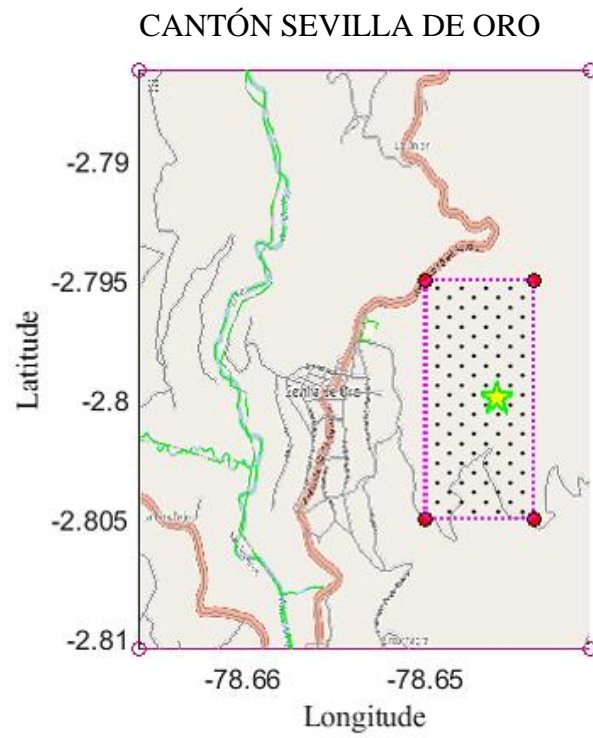


Figura 87. Mapa de localidad seleccionada cantón Sevilla de Oro. [Autor]

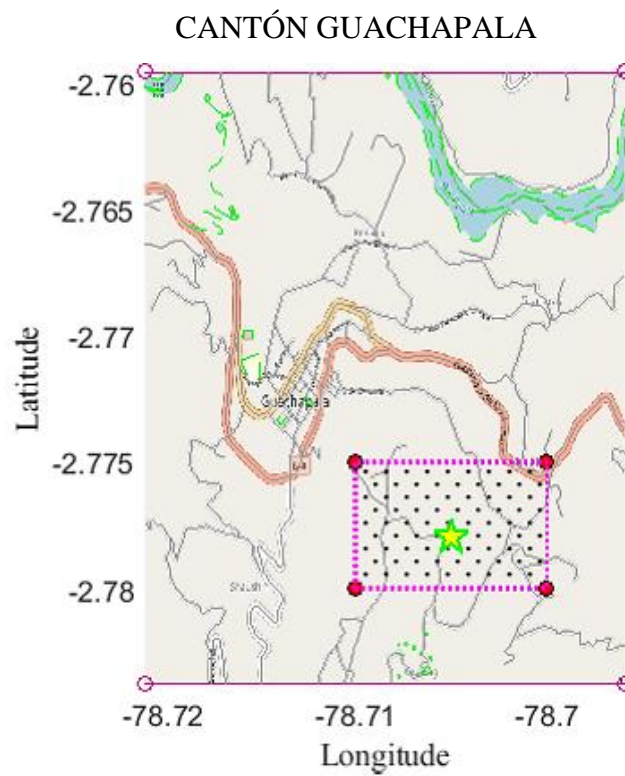


Figura 88. Mapa de localidad seleccionada en el cantón Guachapala. [Autor]

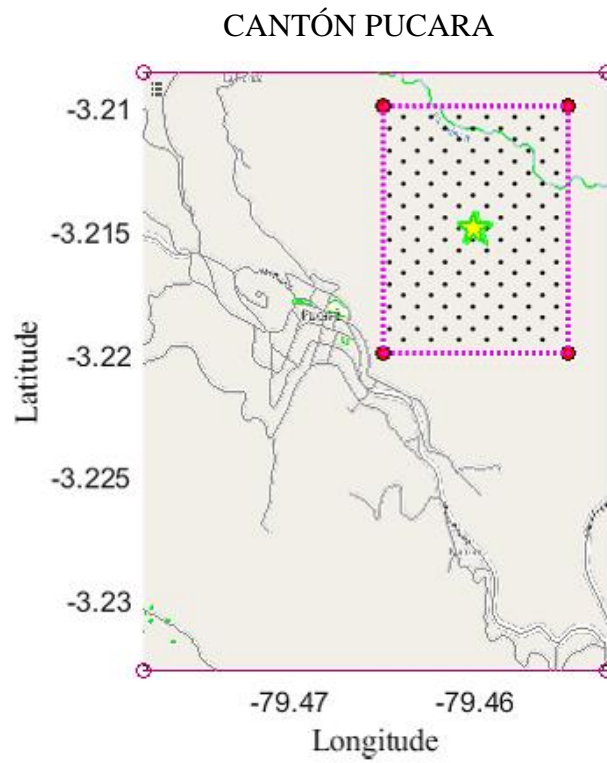


Figura 89. Mapa de localidad seleccionada en el cantón Pucara. [Autor]

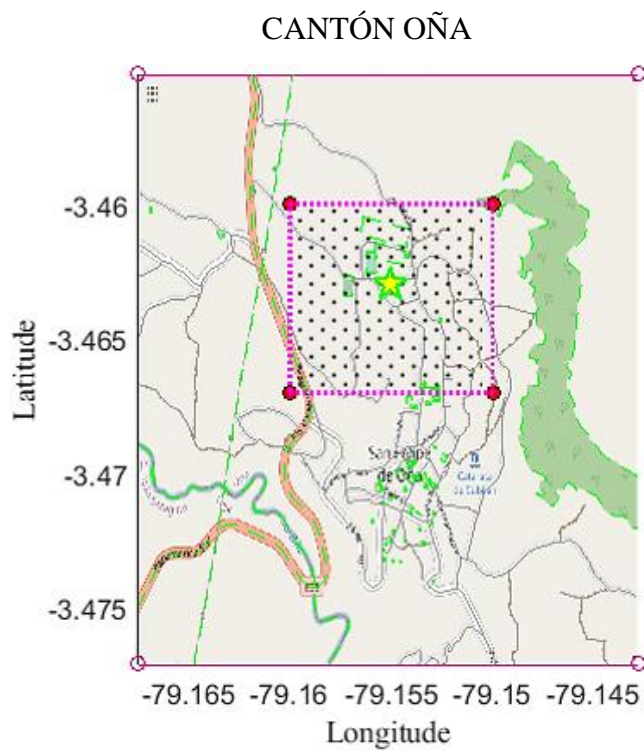


Figura 90. Mapa de localidad seleccionada en el cantón Oña. [Autor]

CANTÓN CAMILO PONCE ENRÍQUEZ

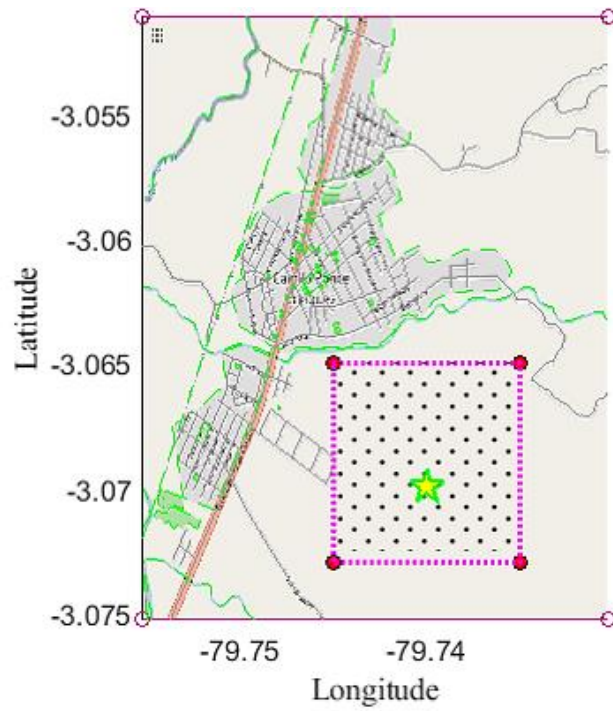


Figura 91. Mapa de localidad seleccionada cantón Camilo Ponce Enríquez. [Autor]

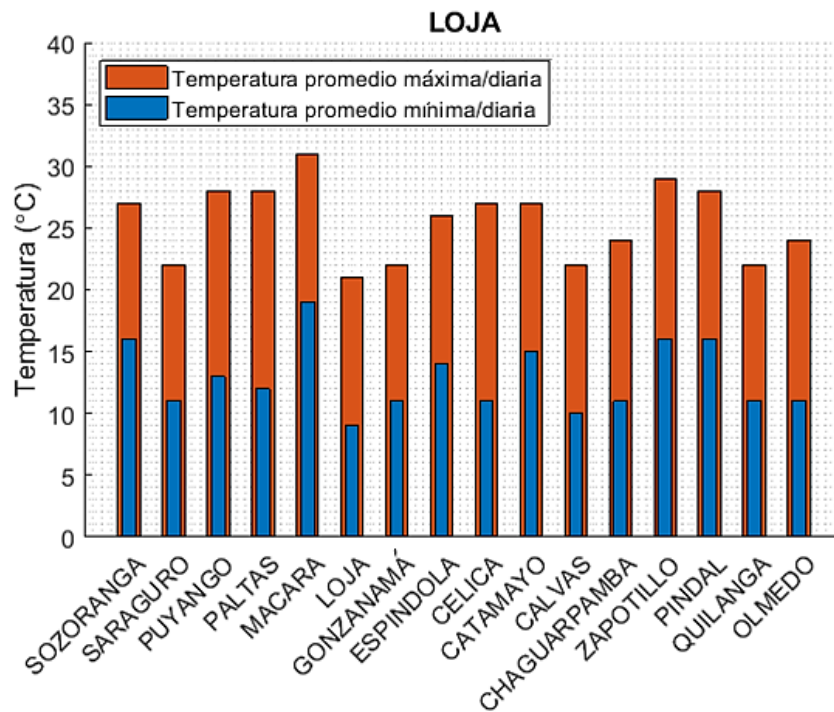


Figura 92. Temperaturas promedio de la provincia de Loja. [Autor]

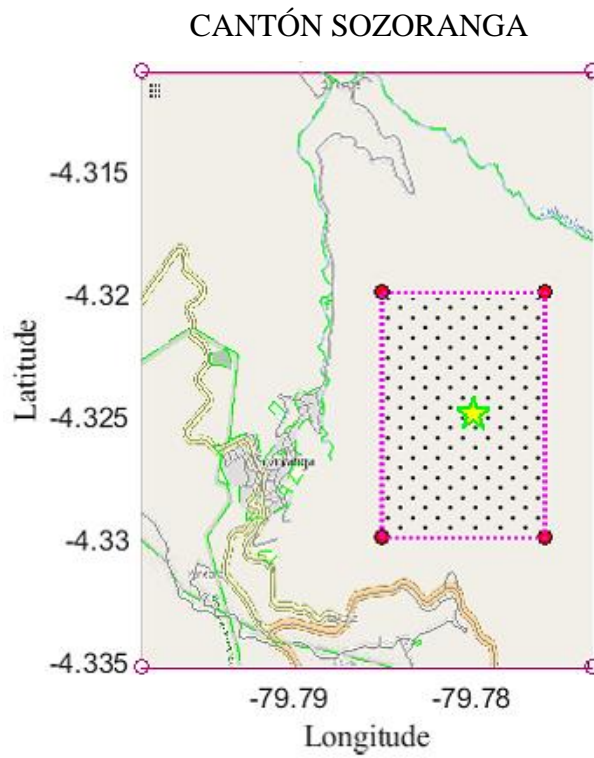


Figura 93. Mapa de localidad seleccionada en el cantón Sozoranga. [Autor]

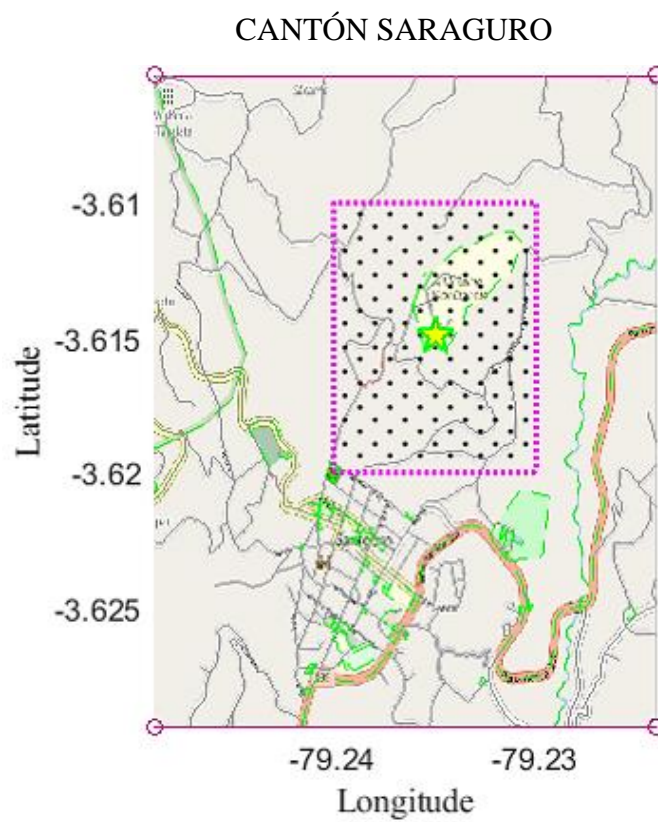


Figura 94. Mapa de localidad seleccionada en el cantón Saraguro. [Autor]

CANTÓN PUYANGO

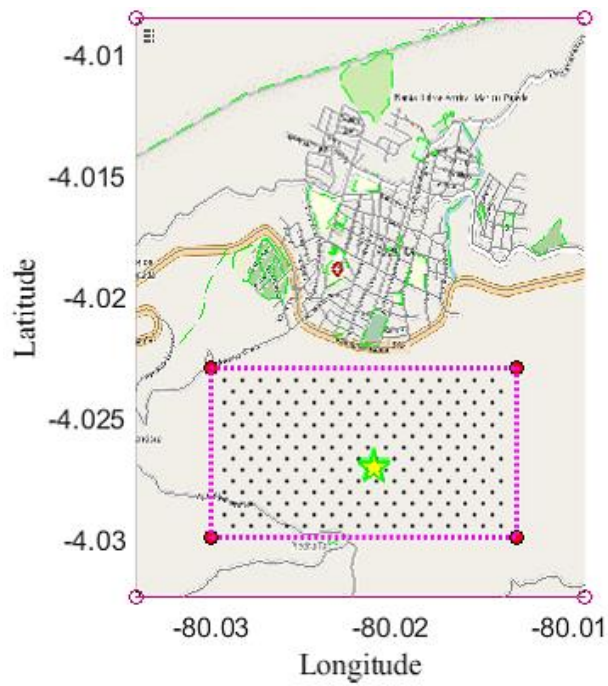


Figura 95. Mapa de localidad seleccionada en el cantón Puyango. [Autor]

CANTÓN PALTAS

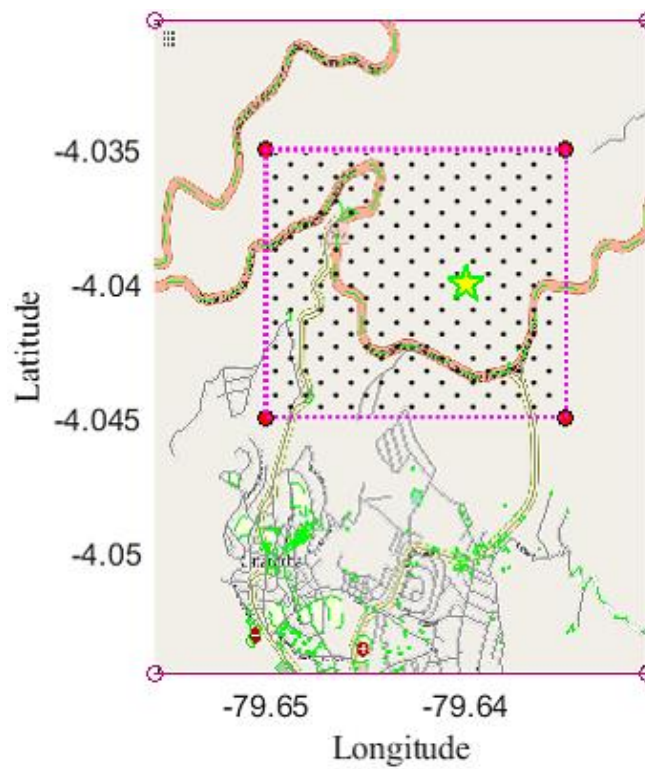


Figura 96. Mapa de localidad seleccionada en el cantón Paltas. [Autor]

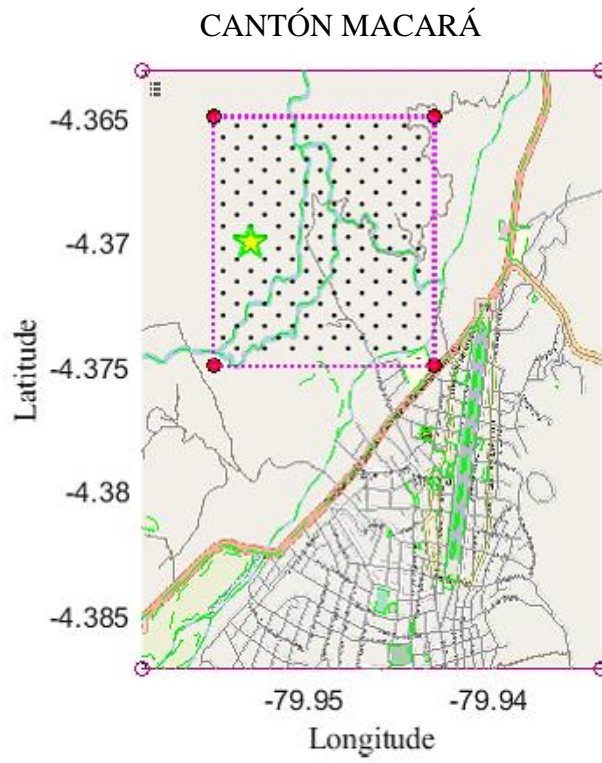


Figura 97. Mapa de localidad seleccionada en el cantón Macara. [Autor]

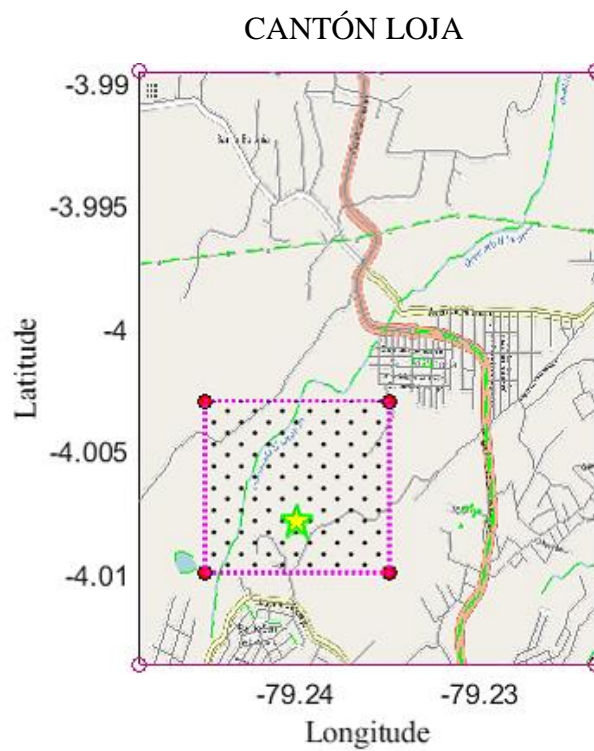


Figura 98. Mapa de localidad seleccionada en el cantón Loja. [Autor]

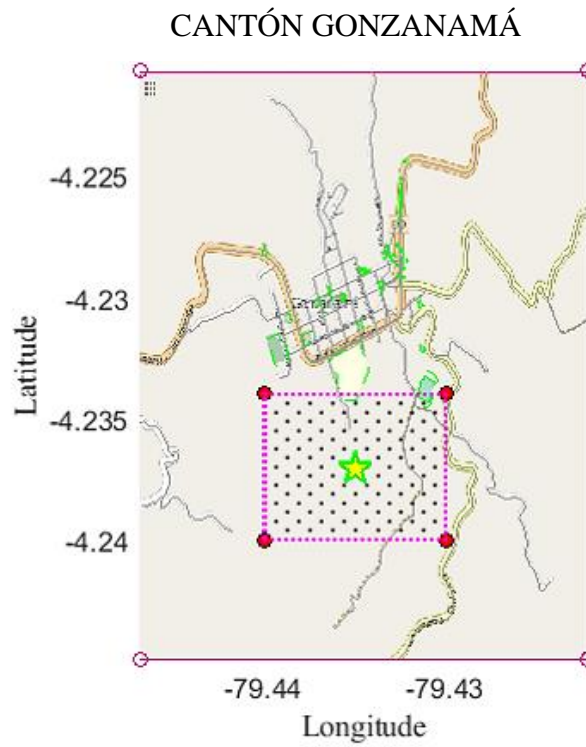


Figura 99. Mapa de localidad seleccionada en el cantón Gonzanamá. [Autor]

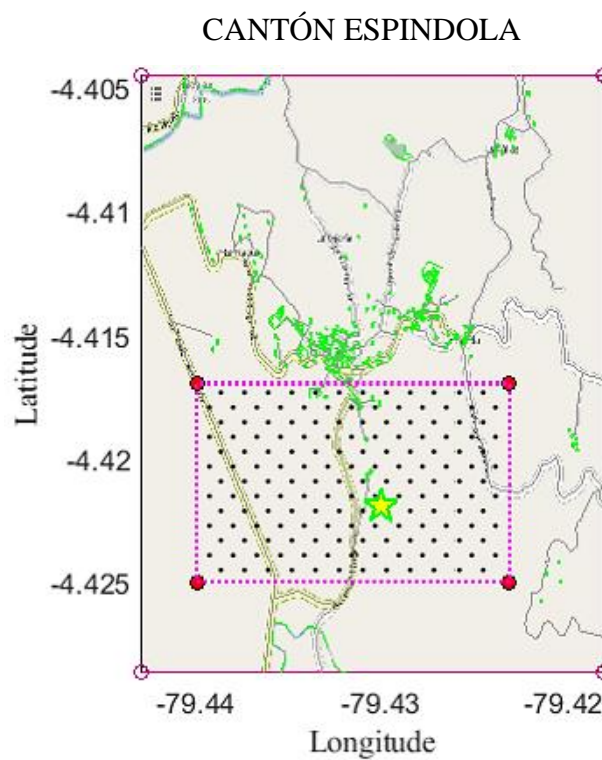


Figura 100. Mapa de localidad seleccionada en el cantón Espíndola. [Autor]

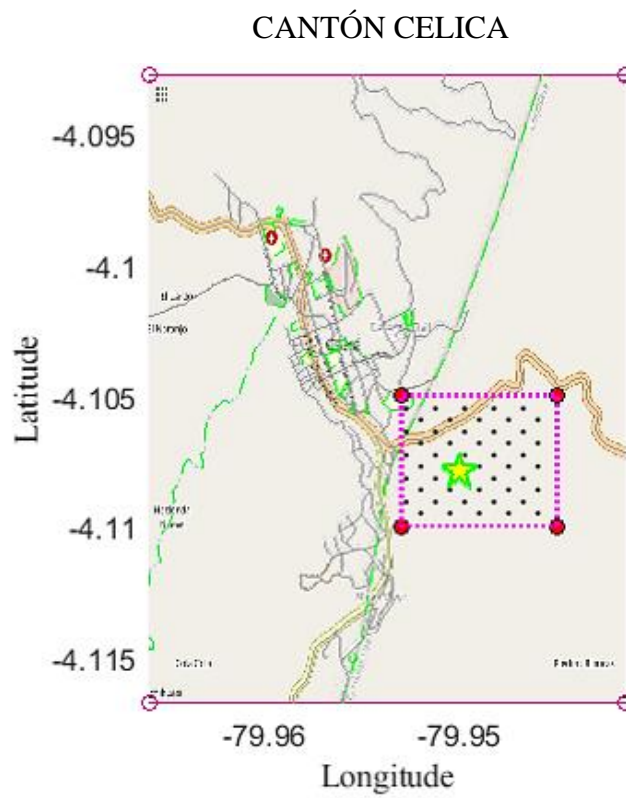


Figura 101. Mapa de localidad seleccionada en el cantón Celica. [Autor]

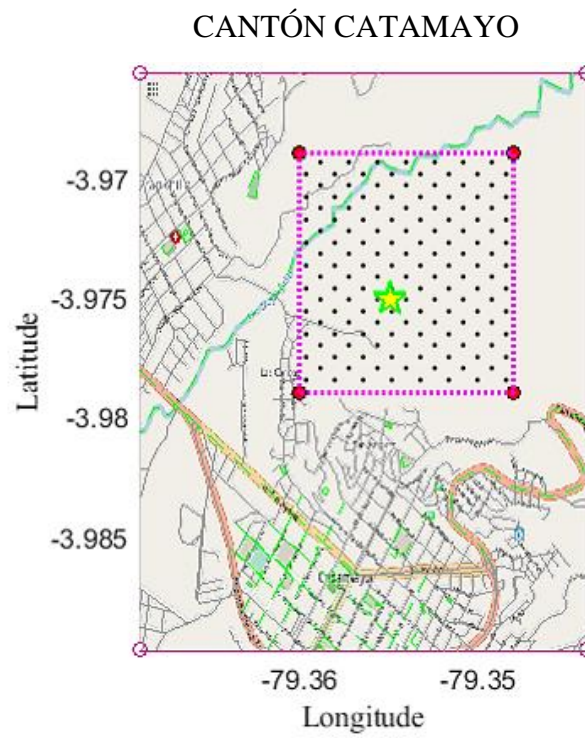


Figura 102. Mapa de localidad seleccionada en el cantón Catamayo. [Autor]

CANTÓN CALVAS

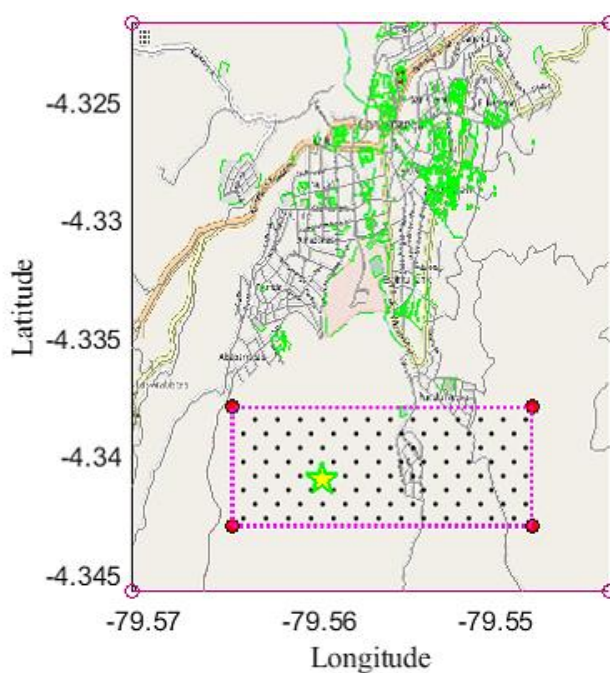


Figura 103. Mapa de localidad seleccionada en el cantón Calvas. [Autor]

CANTÓN CHAGUARPAMBA

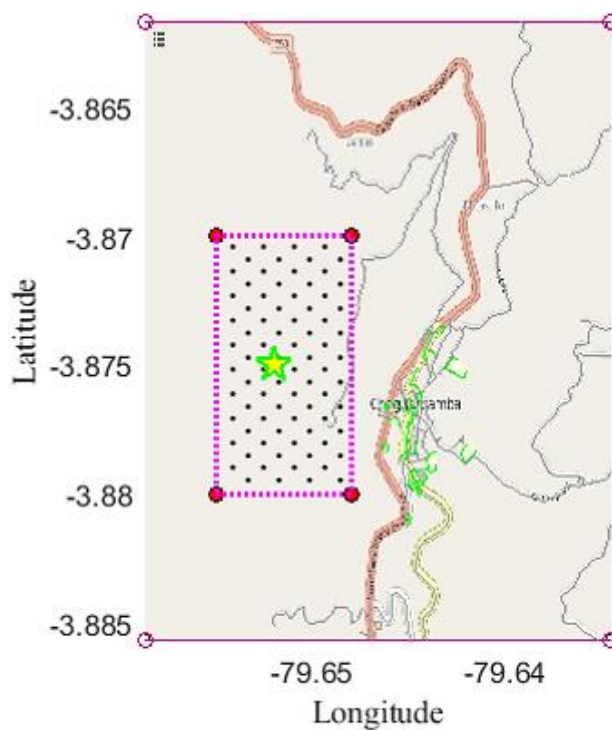


Figura 104. Mapa de localidad seleccionada en el cantón Chaguarpamba. [Autor]

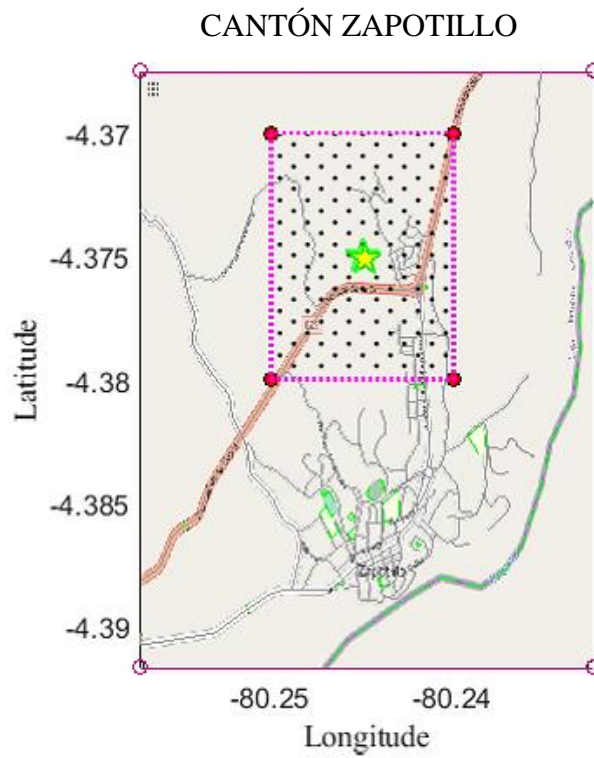


Figura 105. Mapa de localidad seleccionada en el cantón Zapotillo. [Autor]

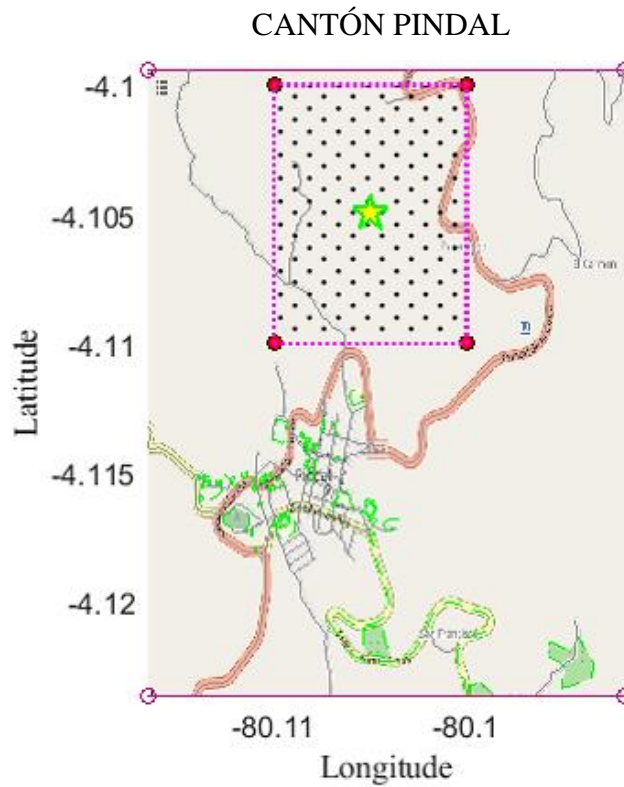


Figura 106. Mapa de localidad seleccionada en el cantón Pindal. [Autor]

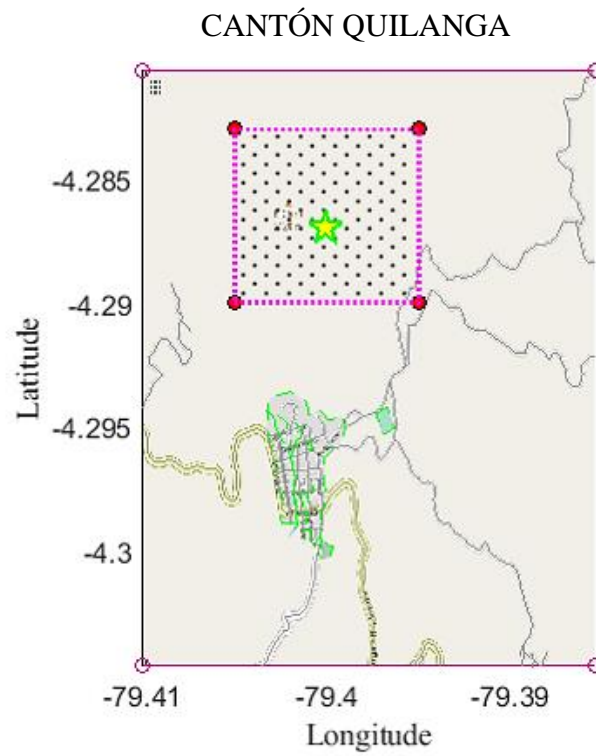


Figura 107. Mapa de localidad seleccionada en el cantón Quilanga. [Autor]

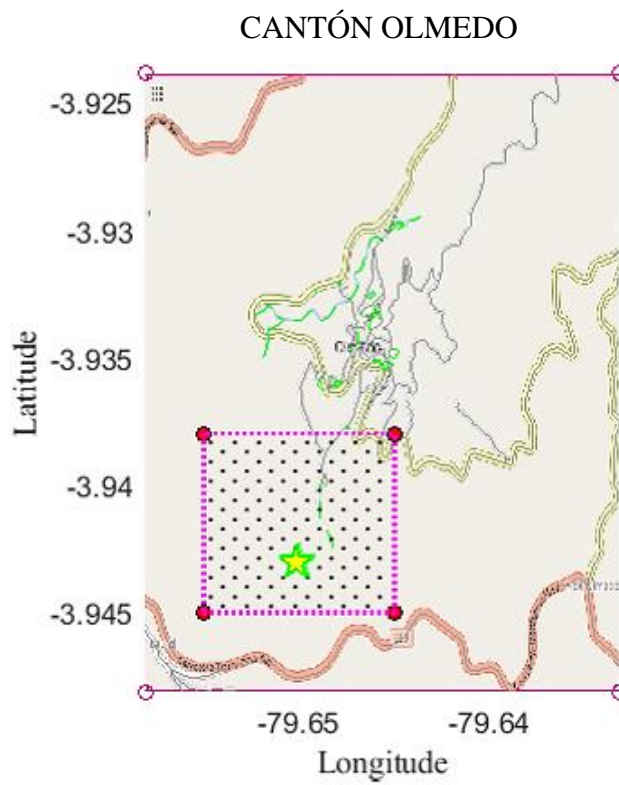


Figura 108. Mapa de localidad seleccionada en el cantón Olmedo. [Autor]

CAPITULO 5: CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS.

5.1. Conclusiones.

Se logro ubicar las localidades donde un sistema fotovoltaico pueda aprovechar las condiciones estacionales con presencia de frio natural que potenciaría su rendimiento en comparación a otros ubicados en zonas con ausencia de baja. temperatura.

Se comprobó que minimizando la temperatura superficial a la que está sometido un sistema fotovoltaico se previenen la degradación en el mismo, a su vez esto mejora su rendimiento al entregar mayores niveles de eficiencia y potencia entregada. Sin embargo, se debe considerar que las condiciones de exposición a la radiación solar no deben ser afectadas debido a que esto prima en la producción del recurso eléctrico.

Se concluyo que la presencia o ausencia de corrientes moderadas de viento influyen directamente en el rendimiento de sistema fotovoltaico y que integrando la variable velocidad del viento al modelo matemático se consigue incrementar los valores de potencia final entregada del sistema en porcentajes bastante considerables.

Se realizo el levantamiento de mapas georreferenciados, en concreto uno por cada cantón de las diez provincias que conforman la región sierra del Ecuador, mismos en los que se especifica de manera jerárquica cuales localidades destacan de entre sí, como las mejores donde se podrían ubicar sistemas fotovoltaicos que aprovechen las temperaturas frías naturales de la región para su optimización.

5.2. Trabajos futuros.

A pesar del gran incremento de interés en el cosmos de la comunidad científica con respecto a las energías renovables, y de la puesta en marcha de incontables proyectos de investigación de la actualidad afines a este tema, es el propio desarrollo del sector el causante de generar incertidumbres técnicas que requieren ser cubiertas. Es ambiguo como el desarrollo de trabajos de investigación culminados en la actualidad, saquen a la luz la necesidad inmediata de cubrir nuevas líneas de investigación que sirvan de apoyo a los trabajos actualmente culminados.

Basados en las propias necesidades del trabajo actual se podría mencionar los siguientes puntos:

El desarrollo de un software informático con capacidad de extrapolar bases de datos referentes a parámetros eléctricos capaces de sobreponerse a capas con datos geográficos, climatológicos, estacionarios y económicos que sean de utilidad para mejorar la toma de decisiones.

La aplicación y/o estudio de este trabajo sobre sistemas fotovoltaicos de alta concentración, que puedan solventar las consecuencias físicas manifestadas sobre un sistema expuesto a condiciones de alta temperatura, generadas al potenciar la exposición a la radiación solar que a su vez desvela otros escenarios no tan favorables y su calidad de suministro final.

El estudio de la forma eficaz de como adaptar la generación de nuevas plantas fotovoltaicas a la curva de demanda eléctrica actual de modo que sea posible cumplir con el concepto de generación distribuida eficiente en la región.

El estudio de la ausencia o suficiencia de sistemas fotovoltaicos en la región en cuestión que a su vez resulte en la creación un mapa que resalte la producción energética con datos de campo y su comparación con datos teóricos existentes en trabajos culminados a la fecha.

El análisis del panorama energético nacional frente a un estudio económico real sobre influencia de la generación de energía eléctrica partir de instalaciones fotovoltaicas.

REFERENCIAS.

- [1] G. Salazar and D. Carrión, “Characterization and Modeling of the Efficiency of Photovoltaic Systems,” *IEEE Lat. Am. Trans.*, vol. 13, no. 8, pp. 2580–2586, 2015.
- [2] K. Carreño, J. Andrade, L. Saltos, J. Gonzalez, and Á. Arteaga, “View of Demand in abdon calderon parish for possible installation of photovoltaic systems,” *Int. J. Phys. Sci. Eng.*, vol. 2, no. 3, pp. 62–69, 2018.
- [3] D. Carrión, “Energy saving model through lighting management systems for residences,” in *2013 Workshop on Power Electronics and Power Quality Applications (PEPQA)*, 2013, pp. 0–5.
- [4] A. Martínez González-Tablas, A. Orlandini, and S. Herrero, “Crisis, cambio global y energía crisis, global change and energy,” *Rev. Econ. Mund.*, vol. 29, pp. 265–286, 2011.
- [5] R. B. A. Koad, A. F. Zobaa, and A. El-Shahat, “A Novel MPPT Algorithm Based on Particle Swarm Optimization for Photovoltaic Systems,” *IEEE Trans. Sustain. Energy*, vol. 8, no. 2, pp. 468–476, Apr. 2017.
- [6] G. Carrasco, P. Galimberti, and J. Barral, “Desarrollo de componentes de sistemas fotovoltaicos para simulación bajo distintas condiciones climáticas,” *Av. en Energías Renov. y Medio Ambient.*, vol. 4, pp. 29–34, 2000.
- [7] J. Gómez-Ramírez, J. D. Murcia-Murcia, and I. Cabeza-Rojas, “La energía solar fotovoltaica en colombia: potenciales, antecedentes y perspectivas.”
- [8] A. Riofrio, D. Carrión, and D. Vaca, “Propuesta de Modelo de Operación Aplicado a Micro Redes Fotovoltaicas en Generación Distribuida,” *Rev. Técnica Energía*, vol. 12, no. ISSN 1390-5074, pp. 216–229, 2016.
- [9] A. Riofrio, “Modelización de una micro red fotovoltaica aplicada a equipos de cocción por inducción para el reemplazo de GLP.,” Universidad Politécnica Salesiana, 2015.
- [10] A. Riofrio, D. Carrión, M. Orozco, D. Vaca, and X. Martinez, “Análisis del consumo energético en procesos de cocción eficiente para el sector residencial,” in *COLIM VIII congreso latinoamericano de ingeniería mecánica*, 2014, no. 1, pp. 268–273.
- [11] A. Riofrio, D. Carrión, M. Orozco, D. Vaca, and J. Martínez, “Análisis del consumo energético en procesos de cocción eficiente para el sector residencial,”

in *COLIM*, 2014, pp. 1–6.

- [12] A. Riofrio and D. Carrión, “Approach and Deployment of Distributed Generation. State-of-art Based on Induction Cooker System,” in *ANDESCON 2014*, 2014.
- [13] F. Mosquera, “Localización óptima de plantas virtuales de generación en sistemas eléctricos de potencia basados en flujos óptimos de potencia,” *I+D Tecnológico*, vol. 16, no. 2, 2020.
- [14] M. E. Ya’Acob, H. Hizam, T. Khatib, and M. A. M. Radzi, “A comparative study of three types of grid connected photovoltaic systems based on actual performance,” *Energy Convers. Manag.*, vol. 78, pp. 8–13, Feb. 2014.
- [15] J. Constante Segura and E. Palacios Chacón, “El recurso solar para generación de energía. Análisis para el Distrito Metropolitano de Quito,” p. 334, 2014.
- [16] “Módulo 1. El Recurso Solar.” [Online]. Available: http://seslab.org/fotovoltaico/mdulo_1_el_recurso_solar.html.
- [17] A. por, I. Rafael Jiménez Castañeda, C. De Los Ángeles Joaquín Barrios, J. Barrios Asesorado por, and I. Rafael Jiménez Castañeda Inga Teresa Lisely de León Arana, “Diseño de un sistema solar fotovoltaí aislado, para a la comunidad rural buena vista, carmencita de los para el suministro de energía la comunidad rural buena vista, san marcos ño de un sistema solar fotovoltaíco el suministro de energía eléctrica san marc.”
- [18] C. X. Campoverde, F. D. Mosquera, and 2020, “Estudio e Implementación de un Sistema Fotovoltaico Aplicado a Luminarias: Caso de Estudio Unidad Educativa Dr. Francisco Falquez Ampuero”,” Guayaquil, 2020.
- [19] G. G. Peñafiel, J. C. Z. Manosalvas, and E. F. Pulgar, “Estudio, diseño e implementacion de un sistema de energía solar en la comuna puerto roma de la isla Mondragon del golfo de guayaquil, provincia del Guayas.”,” Guayaquil, 2014.
- [20] J. L. Bernal-Agustín and R. Dufo-López, “Economical and environmental analysis of grid connected photovoltaic systems in Spain,” *Renew. Energy*, vol. 31, no. 8, pp. 1107–1128, Jul. 2006.
- [21] E. D. Spooner and G. Harbidge, “Review of international standards for grid connected photovoltaic systems,” *Renew. Energy*, vol. 22, no. 1, pp. 235–239, Jan. 2001.
- [22] S. Boulmrharj *et al.*, “Modeling and Dimensioning of Grid-Connected

- Photovoltaic Systems,” in *Proceedings of 2017 International Renewable and Sustainable Energy Conference, IRSEC 2017*, 2018, pp. 1–6.
- [23] B. Burger and R. R  ther, “Inverter sizing of grid-connected photovoltaic systems in the light of local solar resource distribution characteristics and temperature,” *Sol. Energy*, vol. 80, no. 1, pp. 32–45, Jan. 2006.
- [24] L. Keller and P. Affolter, “Optimizing the panel area of a photovoltaic system in relation to the static inverter-Practical results,” *Sol. Energy*, vol. 55, no. 1, pp. 1–7, Jul. 1995.
- [25] C. Lodi, “Perspectivas para a gera  o de energia el  trica no brasil utilizando a tecnologia solar t  rmica concentrada.”
- [26] D. Trebolle, “La generación distribuida en España,” Universidad Pontificia de Comillas, 2006.
- [27] Y. Cando and J. Andrés, “Estudio técnico económico sobre la implementación de generación distribuida en el sistema eléctrico ecuatoriano,” Jun. 2012.
- [28] J. Toctaquiza and D. Carrión, “Estado del arte modelo óptimo de operación posterior a ataques intencionales considerando conmutación de los sistemas de transmisión,” *ITECKNE Innovación e Investig. en Ing.*, vol. 18, no. 2, p. 17, 2021.
- [29] A. Sánchez and D. Carrión, “Modeling of the Behavior Power Flow on Transmission Lines Based on Voltage and Current Synchronopasors,” *IEEE Lat. Am. Trans.*, vol. 16, no. 4, pp. 1142–1149, 2017.
- [30] P. Escudero and D. Carrión, “Expansión de un sistema de transmisión mediante LOPF-AC Expansion of a transmission system using LOPF-AC,” *INGE CUC*, vol. 14, no. 2, pp. 116–125, 2018.
- [31] D. Carrión, E. Correa, and E. M. Garcia, “Predicción de la Demanda Eléctrica a Corto Plazo Mediante Cadenas de Markov y Monte Carlo,” *RISTI - Rev. Iber. Sist. e Tecnol. Inf.*, no. E30, p. 241 527, 2019.
- [32] J. Palacios and D. F. Carrión Galarza, “Estado del arte de la planeación de expansión de sistemas de transmisión,” *I+D Tecnológico*, vol. 16, no. 2, pp. 1–8, 2020.
- [33] I. E. Pereda Soto, “Celdas Fotovoltaicas En Generacion Distribuida,” *Pontif. Univ. Catol. Chile*, p. 173, 2005.
- [34] J. Valencia, “Generación distribuida: democratización de la energía eléctrica - Dialnet,” *Criterio Libr.*, vol. 6, no. 8, pp. 105–112, 2008.

- [35] W. Almeida, "Vista de generación distribuida y su potencial aplicación en Ecuador," *Rev. Técnica "energía,"* vol. 2, no. 1, pp. 83–87, 2006.
- [36] D. Carrión, E. García, M. Jaramillo, and J. W. González, "A Novel Methodology for Optimal SVC Location Considering N-1 Contingencies and Reactive Power Flows Reconfiguration," *Energies*, vol. 14, no. 20, pp. 1–17, 2021.
- [37] D. Carrión, J. Palacios, M. Espinel, and J. W. González, "Transmission Expansion Planning Considering Grid Topology Changes and N-1 Contingencies Criteria," in *Recent Advances in Electrical Engineering, Electronics and Energy*, Springer, Ed. Springer, 2021, pp. 266–279.
- [38] P. Masache, D. Carrión, and J. Cárdenas, "Optimal Transmission Line Switching to Improve the Reliability of the Power System Considering AC Power Flows," *Energies 2021, Vol. 14, Page 3281*, vol. 14, no. 11, p. 3281, Jun. 2021.
- [39] D. Carrión, J. Francisco, and M. Paul, "Revisión para la restauración optima de la operación del sistema eléctrico basado en criterios de calidad de energía y estabilidad," *Rev. I+D Tecnológico*, vol. 17, no. 1, p. 9, 2021.
- [40] S. Pinzón, D. Carrión, and E. Inga, "Optimal Transmission Switching Considering N-1 Contingencies on Power Transmission Lines," *IEEE Lat. Am. Trans.*, vol. 19, no. 4, pp. 534–541, 2021.
- [41] J. Khan and M. H. Arsalan, "Solar power technologies for sustainable electricity generation - A review," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 55. Elsevier Ltd, pp. 414–425, Mar-2016.
- [42] J. Hernández, "Metodología para el análisis técnico de la masificación de sistemas fotovoltaicos como opción de generación distribuida en redes de baja tensión," Universidad Nacional de Colombia, 2012.
- [43] D. Carrión, J. W. González, I. A. Isaac, and G. J. López, "Optimal Fault Location in Transmission Lines Using Hybrid Method," in *2017 IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies Conference*, 2017, p. 6.
- [44] A. Aguila, D. Carrión, and L. Ortiz, "Analysis of power losses in the asymmetric construction of electric distribution systems," *IEEE Lat. Am. Trans.*, vol. 13, no. 7, pp. 2190–2194, 2015.
- [45] D. Carrión, J. W. Gonzalez, I. A. Isaac, G. J. Lopez, and H. A. Cardona, "Load Characterization Based on Voltage and Current Phasorial Measurements in

- Micro-Grids,” *2017 Int. Conf. Inf. Syst. Comput. Sci.*, pp. 1–6, 2017.
- [46] I. Campaña and D. Carrión, “Determinación del margen de estabilidad angular de sistemas eléctricos de potencia considerando contingencias N-1,” Universidad Politécnica Salesiana, 2021.
- [47] M. Poveda, “Eficiencia energética: recurso no aprovechado,” 2007.
- [48] J. C. Schallenberg Rodríguez, G. Piernavieja Izquierdo, C. Hernández Rodríguez, and P. et al. Unamunzaga Falcón, “Energías renovables y eficiencia energética,” 2008.
- [49] D. Romo and D. Morales, “Eficiencia Energética en la Universidad Católica sede Azogues un enfoque de implementación técnico – económico basado en energía solar,” *Rev. Técnica “energía,”* vol. 17, no. 2, pp. 44–54, Jan. 2021.
- [50] C. Carpio and M. Coviello, “Eficiencia energética en América Latina y el Caribe: avances y desafíos del último quinquenio,” 2013.
- [51] L. H. Berrío and C. Zuluaga, “Smart Grid and solar photovoltaic energy as renewable energy source for the distributed generation in the global energy context,” *Smart Grid y la energía solar fotovoltaica para la generación distribuida: unarevisión en el contexto energético mundial Ingeniería y Desarrollo*, 2014. .
- [52] A. Ospino, “Vista de Análisis del potencial energético solar en la Región Caribe para el diseño de un sistema fotovoltaico,” *INGE CUC*, vol. 6, no. 1, pp. 95–102, 2010.
- [53] J. Gaviria and N. Silva, “Diseño e implementación de un prototipo de radiación ultravioleta que aporte a disminuir la cantidad de microorganismos presentes en 30 litros de agua,” Universidad de los Llanos, Lima Perú.
- [54] E. Politécnica Superior and A. Patricia Mora Segado Directores Jesús Eduardo Carretero Rubio Mariano Sidrach de Cardona Ortín, “Contribución al estudio de la temperatura de módulos FV de diferentes tecnologías en condiciones de sol real,” Servicio de Publicaciones y Divulgación Científica, 2015.
- [55] CONELEC, “Atlas solar del Ecuador con fines de generación eléctrica, Corporación para la Investigación Energética.” p. 51, 2008.
- [56] J. Gutiérrez Velayos, “Metodología para la localización óptima de instalaciones de energía solar fotovoltaica en la isla de Tenerife, España.”
- [57] E. E. Granda-Gutiérrez, J. C. Díaz-Guillén, M. A. Jiménez, M. Osorio, and M. González, “Modelado y simulación de celdas y paneles solares,” in *Congreso*

- [58] C. Stegner, M. Dalsass, P. Luchscheider, and C. J. Brabec, “Monitoring and assessment of PV generation based on a combination of smart metering and thermographic measurement,” *Sol. Energy*, vol. 163, pp. 16–24, Mar. 2018.
- [59] N. Gökmen, W. Hu, P. Hou, Z. Chen, D. Sera, and S. Spataru, “Investigation of wind speed cooling effect on PV panels in windy locations,” *Renew. Energy*, vol. 90, pp. 283–290, May 2016.
- [60] H. Goverde *et al.*, “Spatial and temporal analysis of wind effects on PV module temperature and performance,” *Sustain. Energy Technol. Assessments*, vol. 11, pp. 36–41, Sep. 2015.
- [61] C. Bolzi, P. Cabot, E. Carella, J. Di Santo, and J. Durand, “Paneles solares de la misión satelital SAOCOM 1A: Integración y ensayos,” *Energías Renov. y Medio Ambient.*, vol. 40, pp. 4–8, 2017.
- [62] S. Gaitan, “Modelamiento de la temperatura superficial de los paneles de una red experimental de 7.8 kWp,” Universidad de Ibagué, 2019.
- [63] E. Parra Quispe, J. Albert, M. Valencia, C.-M. A. Abella, and M. A. Abella, “Sistemas fotovoltaicos Sistemas Fotovoltaicos Sistemas Fotovoltaicos Sistemas fotovoltaicos Contenido.”
- [64] V. Poulek, T. Matuška, M. Libra, E. Kachalouski, and J. Sedláček, “Influence of increased temperature on energy production of roof integrated PV panels,” *Energy Build.*, vol. 166, pp. 418–425, May 2018.
- [65] G. A. Rampinelli, F. P. Gasparin, A. J. Bühler, A. Krenzinger, and F. Chenlo Romero, “Assessment and mathematical modeling of energy quality parameters of grid connected photovoltaic inverters,” *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 52, pp. 133–141, Dec. 2015.
- [66] S. Silvestre, S. Kichou, A. Chouder, G. Nofuentes, and E. Karatepe, “Analysis of current and voltage indicators in grid connected PV (photovoltaic) systems working in faulty and partial shading conditions,” *Energy*, vol. 86, pp. 42–50, Jun. 2015.
- [67] J. Cata and F. Rodríguez, “Análisis matemático de un panel solar fotovoltaico de silicio,” Universidad Politécnica Salesiana, 2015.
- [68] E. Kaplani and S. Kaplanis, “Thermal modelling and experimental assessment of the dependence of PV module temperature on wind velocity and direction, module orientation and inclination,” *Sol. Energy*, vol. 107, pp. 443–460, Sep.

- 2014.
- [69] M. Dhimish, V. Holmes, and M. Dales, “Parallel fault detection algorithm for grid-connected photovoltaic plants,” *Renew. Energy*, vol. 113, pp. 94–111, Dec. 2017.
- [70] D. Su, Y. Jia, G. Alva, L. Liu, and G. Fang, “Comparative analyses on dynamic performances of photovoltaic–thermal solar collectors integrated with phase change materials,” *Energy Convers. Manag.*, vol. 131, pp. 79–89, Jan. 2017.
- [71] M. M. Rahman, M. Hasanuzzaman, and N. A. Rahim, “Effects of various parameters on PV-module power and efficiency,” *Energy Convers. Manag.*, vol. 103, pp. 348–358, Oct. 2015.
- [72] F. Shan, F. Tang, L. Cao, and G. Fang, “Comparative simulation analyses on dynamic performances of photovoltaic–thermal solar collectors with different configurations,” *Energy Convers. Manag.*, vol. 87, pp. 778–786, Nov. 2014.
- [73] V. Ayala, “Modelamiento de un sistema fotovoltaico de alta eficiencia y análisis de producción energética bajo diferentes condiciones climáticas estacionarias,” Universidad Politécnica Salesiana. Carrera de Ingeniería Eléctrica. Sede Quito., 2018.
- [74] F. Barbosa, “Modelamiento de la producción energética entre un sistema de generación fotovoltaico de alta eficiencia y un sistema convencional,” Universidad Politécnica Salesiana. Carrera de Ingeniería Eléctrica. Sede Quito, 2017.
- [75] E. Urrejola *et al.*, “Effect of soiling and sunlight exposure on the performance ratio of photovoltaic technologies in Santiago, Chile,” *Energy Convers. Manag.*, vol. 114, pp. 338–347, Apr. 2016.
- [76] J. A. Tsanakas, L. Ha, and C. Buerhop, “Faults and infrared thermographic diagnosis in operating c-Si photovoltaic modules: A review of research and future challenges,” *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 62, pp. 695–709, Sep. 2016.
- [77] E. Skoplaki and J. A. Palyvos, “Operating temperature of photovoltaic modules: A survey of pertinent correlations,” *Renew. Energy*, vol. 34, no. 1, pp. 23–29, Jan. 2009.
- [78] E. Skoplaki, A. G. Boudouvis, and J. A. Palyvos, “A simple correlation for the operating temperature of photovoltaic modules of arbitrary mounting,” *Sol. Energy Mater. Sol. Cells*, vol. 92, no. 11, pp. 1393–1402, Nov. 2008.

- [79] J. M. Servant, "Calculation of the cell temperature for photovoltaic modules from climatic data," *Intersol Eighty Five*, vol. 3, pp. 1640–1643, Jan. 1986.
- [80] J. D. Mondol, Y. G. Yohanis, and B. Norton, "The effect of low insolation conditions and inverter oversizing on the long-term performance of a grid-connected photovoltaic system," *Prog. Photovoltaics Res. Appl.*, vol. 15, no. 4, pp. 353–368, Jun. 2007.
- [81] R. G. J. ROSS, "Interface Design Considerations for Terrestrial Solar C E L L Modules," *IEEE Photovolt. Spec. Conf.*, pp. 801–806, 1976.
- [82] R. A. Barragán Llanos, "La generación de energía eléctrica para el desarrollo industrial en el ecuador a partir del uso de las energías renovables," Universidad Internacional SEK, 2020.
- [83] R. A. Dávila Arias, "Proyección espacial de la demanda eléctrica a mediano plazo en empresas de distribución en el Ecuador," Quito, 2019., 2019.
- [84] Geo-Ref.net, "Map Ecuador - Popultion density by administrative division." [Online]. Available: <http://www.geo-ref.net/ph/ecu.htm>.
- [85] W. Spark, "El tiempo durante todo el año en cualquier lugar del mundo - Weather Spark." [Online]. Available: <https://es.weatherspark.com/>.
- [86] F. Díaz Reyes, "Modelo numérico para la generación de mapas de radiación solar y su aplicación al aprovechamiento de energía solar fotovoltaica y termoeléctrica," 2013.
- [87] T. W. B. Group, "Global Solar Atlas." [Online]. Available: <https://globalsolaratlas.info/map>.
- [88] CENACE, "La demanda eléctrica del Ecuador aumentó en un 8,13%," 2021. [Online]. Available: <http://www.cenace.gob.ec/la-demanda-electrica-del-ecuador-aumento-en-un-813/#:~:text=En Ecuador%2C de enero hasta,incidieron para registrar este incremento.>
- [89] G. Salazar and B. Panchi, "Análisis de la Evolución de la Demanda Eléctrica en el Ecuador Considerando el Ingreso de Proyectos de Eficiencia Energética," *Rev. Politécnica*, vol. 33, no. 1, 2014.
- [90] A. Campos, "Influencia de la Temperatura en una Instalación Fotovoltaica con Baja Concentración," Universidad de Sevilla, 2006.
- [91] J. Cepeda and A. Sierra, "Aspectos que afectan la eficiencia en los paneles fotovoltaicos y sus potenciales soluciones," Universidad Santo Tomás, 2017.
- [92] E. D. Obando-Paredes and R. Vargas-Cañas, "Desempeño de un sistema

fotovoltaico autónomo frente a condiciones medioambientales de una región en particular,” *Rev. la Acad. Colomb. Ciencias Exactas, Físicas y Nat.*, vol. 40, no. 154, pp. 27–33, Mar. 2016.

- [93] B. G. Justin Montano, D. F. Januel Rombaoa, R. S. Alfie Peña, and E. B. Queen Macabebe, “Effects of Shading on Current, Voltage and Power Output of Total Cross-Tied Photovoltaic Array Configuration.”
- [94] R. D. Santos, M. A. C. Fernández, A. S. Fuentefria, and M. V. Llanes, “Análisis de la influencia del ángulo de inclinación en la generación de una central fotovoltaica,” *undefined*, 2018.