



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

EVALUACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL FOTOVOLTAÍCO BASADO EN LOS ÍNDICES DE IRRADIACIÓN SOLAR DEL SECTOR HUACHI GRANDE PARA LA AUTOMATIZACIÓN DE UN SISTEMA DE REGADÍO.

JOSÉ AMABLE ESCOBAR LÓPEZ

Trabajo de Titulación modalidad Proyectos de Investigación y Desarrollo, presentado ante el Instituto de Posgrado y Educación Continua de la ESPOCH, como requisito parcial para la obtención del grado de:

**MAGISTER EN SISTEMAS DE CONTROL Y AUTOMATIZACIÓN
INDUSTRIAL**

Riobamba – Ecuador

Julio 2018



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

CERTIFICACIÓN:

EL TRIBUNAL DE TRABAJO DE TITULACIÓN CERTIFICA QUE:

El Trabajo de Titulación modalidad Proyectos de Investigación y Desarrollo, titulado “EVALUACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL FOTOVOLTAÍCO BASADO EN LOS ÍNDICES DE IRRADIACIÓN SOLAR DEL SECTOR HUACHI GRANDE PARA LA AUTOMATIZACIÓN DE UN SISTEMA DE REGADÍO”, de responsabilidad de él Ing. José Amable Escobar López, ha sido prolijamente revisado y se autoriza su presentación.

Tribunal:

Ing. Oswaldo Martínez M.sc.

PRESIDENTE

FIRMA

Ing. Jorge Nejer M.sc.

DIRECTOR

FIRMA

Ing. Verónica Mora M.sc.

MIEMBRO

FIRMA

Ing. Franklin Moreno M.sc.

MIEMBRO

FIRMA

Riobamba, Julio 2018

DERECHOS INTELECTUALES

Yo, José Amable Escobar López, declaro que soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en este Trabajo de Titulación modalidad Proyectos de Investigación y Desarrollo, y el patrimonio intelectual generado por la misma, pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

JOSÉ AMABLE ESCOBAR LÓPEZ

N° Cédula: 1803028099

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, José Amable Escobar López, declaro que el presente proyecto de investigación, es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Titulación de Maestría.

Ing. José Amable Escobar López

N° Cédula: 1803028099

DEDICATORIA

Este proyecto está dedicado a Dios y especialmente a mis padres que desde cielo me dan su bendición todos los días, y a mi hermana por haberme brindado su apoyo incondicional.

José Escobar

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por permitirme lograr una meta más en mi vida. A mi madre que con su ayuda incondicional me supo apoyar, con su ánimo, con su corazón, con su alegría hasta el último día que estuviste junto a tus hijos. Sé que desde el cielo aun nos estas cuidando. Tu partida nos has dejado un vacío inmenso, pero mis recuerdos siguen latentes en mi corazón que siento que siempre estas a mi lado.

A mis hermanos en especial a mi hermana que me brindó su apoyo para seguir adelante a pesar de los duros golpes de la vida.

También quiero agradecer a mi esposa y a mis lindos hijos que con su alegría y sus besos me apoyan para seguir adelante. A todas las personas que forman parte de mi vida quiero agradecerles por todo Gracias.

José Escobar

ÍNDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN.....	xvi
SUMMARY	xvii
CAPÍTULO I.....	1
1 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	1
1.1 Planteamiento del problema.....	1
1.2 Formulación del problema	3
1.3 Sistematización del problema.....	3
1.4 Justificación de la investigación.....	3
1.5 Objetivos de la investigación	5
1.6 Objetivo general	5
1.7 Objetivos específicos	5
1.8 Hipótesis.....	5
CAPÍTULO II	6
2 ESTADODELARTE.....	6
2.1 Antecedentes de investigación.....	6
2.2 Definiciones.....	8
2.2.1 <i>Energía solar fotovoltaica</i>	8
2.2.2 <i>Funcionamiento de las celdas solares</i>	9
2.2.3 <i>Corriente y tensión de un sistema Fotovoltaico</i>	10
2.2.4 <i>Eficiencia de las celdas solares</i>	10
2.2.5 <i>Radiación solar</i>	11
2.2.6 <i>Tipos de radiación</i>	12
2.2.6.1 <i>Radiación directa</i>	12
2.2.6.2 <i>Radiación difusa</i>	12
2.2.6.3 <i>Radiación reflejada</i>	12
2.2.6.4 <i>Radiación Global</i>	12
2.2.7 <i>Espectro de la Radiación Solar</i>	13
2.2.7.1 <i>Radiación Ultravioleta</i>	13
2.2.7.2 <i>Luz Visible</i>	14
2.2.7.3 <i>Radiación infrarroja</i>	14
2.2.8 <i>Efectos sobre la salud</i>	14
2.2.9 <i>Radiación</i>	15

2.2.10	<i>Irradiación</i>	15
2.2.11	<i>Hora Solar Pico (HSP)</i>	15
2.2.12	<i>Regulador de Carga.</i>	15
2.2.13	<i>Convertidor de CC a CA</i>	15
2.2.14	<i>Tipos de baterías para energía renovables</i>	16
2.2.15	<i>Baterías de Plomo</i>	16
2.2.16	<i>Peligros de baterías de plomo</i>	17
2.2.17	<i>Vida de las baterías solares</i>	17
2.2.18	<i>Condiciones que afectan la vida de las baterías</i>	17
2.2.19	<i>Eficiencia de Baterías Solares</i>	19
2.2.20	<i>Tipos de Baterías de Plomo para Aplicaciones Solares</i>	20
2.2.20.1	<i>Baterías Liquidas.</i>	20
2.2.20.2	<i>Baterías tipo VRLA (Valve Regulated Lead Acid battery - Batería de ácido de plomo regulada por válvula)</i>	20
2.2.20.3	<i>Baterías de Gel</i>	20
2.2.20.4	<i>Baterías tipo AGM (Absorbed Glass Mat)</i>	21
2.2.21	HARDWARE	22
2.2.21.1	<i>ARDUINO</i>	22
2.2.21.3	<i>Multiplataforma</i>	23
2.2.21.4	<i>Entorno de programación Simple y Claro</i>	23
2.2.21.5	<i>Código abierto y Software extensible</i>	23
2.2.21.6	<i>Código abierto y Hardware extensible</i>	23
2.2.21.7	<i>Modulo GSM/GPRS(Global System for Mobile communications /General Packet Radio Service)</i>	23
2.2.21.8	<i>ESPECIFICACIONES GSM/GPRS</i>	24
2.2.22	ELECTROVALVULAS	25
CAPÍTULO III		26
3	DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	26
3.1	Modalidad de la Investigación	26
3.2	Tipos de Investigación	26
3.3	Métodos de investigación	26
3.4	Técnicas e Instrumentos de recolección de datos.	27
3.5	Diseño del proyecto	27
3.7	Energía solar en el Ecuador	30
3.9	Mapa de Energía solar difusa promedio del Ecuador	31
3.11	Mapa de radiación solar global	34

3.12	Datos de las estaciones meteorológicas.....	35
3.13	Ubicación del barrio nueva Vida en Huachi Grande.....	36
3.14	Estación Meteorológica Querochaca Cevallos.....	38
3.15	Heliofanía o duración del brillo solar	38
3.16	Heliofanía Relativa.....	39
3.17	Características de los paneles solares de la empresa ENERCITY	44
3.18	Regulador de Voltaje de marca Y solar	44
3.19	Descripción del producto.....	45
3.20	Etapas de carga a granel	45
3.21	Carga de flotación	45
	Tabla de parámetros del Regulador de Voltaje.....	46
3.22	Batería estanca GEL Ciclo Profundo 100Ah 12V Energía solar	46
3.23	Especificaciones técnicas de la batería de gel Enercity:	48
3.24	Beneficios	49
3.25	Bomba de agua	49
3.26	Capacidad del reservorio.....	50
3.27	Cálculos del sistema fotovoltaico.	51
3.27.1	<i>Coefficiente de Reflexión.</i>	51
3.27.2	<i>Coefficiente A</i>	52
3.27.3	<i>Irradiación global sobre la superficie inclinada.</i>	52
3.27.4	<i>Coefficiente B</i>	53
3.27.5	<i>Cálculos de la potencia de consumo.</i>	53
3.27.6	<i>Cargas:</i>	53
3.27.7	<i>Horas a utilizar</i>	53
3.27.8	<i>Cálculos de la potencia total a utilizar por día</i>	54
3.27.9	<i>Características de los equipos</i>	54
3.27.9.1	<i>Paneles Solares</i>	54
3.27.9.2	<i>Acumuladores:</i>	55
3.27.9.3	<i>Regulador</i>	55
3.27.9.4	<i>Convertidor DC/AC:</i>	55
3.27.9.5	<i>Proyecciones del proyecto:</i>	55
3.27.10	<i>Elección del mes peor</i>	56
3.28	Calculo del número de paneles.....	57
3.29	Acumuladores.....	57
3.30	Presupuesto.....	58
3.31	Orientación de los módulos solares.	59

3.32	Azimut (α)	59
3.33	Inclinación (β).....	59
3.34	Sentido de los paneles solares.....	59
3.35	Movimiento Diario del sol	60
3.36	Movimiento anual del sol.....	60
3.37	Declinaciones medias para los 12 meses del año.....	61
3.38	Armado de mástil y estructura de cuerpo de los paneles solares.....	62
3.39	Cambio de las llaves manuales por las electroválvulas.....	63
3.40	Diseño de la de parte de control.....	65
3.41	Programación gráfica para el usuario.....	67
3.42	Ensamble del proyecto en el gabinete metálico	69
3.43	Área de implementación del sistema de regadío	71
CAPÍTULO IV		72
4	Pruebas y Resultados	72
4.1	RESULTADOS.....	73
4.2	Sistema de regadío antes de la implementación del sistema fotovoltaico.....	73
4.3	Relación costo beneficio entre la bomba de agua y los paneles solares	75
4.4	Protocolo de Kioto.....	78
4.5	Cumbre de Paris.....	79
4.6	Comprobación de Hipótesis	79
CONCLUSIONES.....		80
RECOMENDACIONES.....		81
TRABAJO FUTURO.....		82
BIBLIOGRAFÍA		
ANEXOS		

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-2	Paneles Solares	9
Figura 2-2	Como produce energía eléctrica las celdas Solares	10
Figura 3-2	Radiación Solar.....	11
Figura 4-2	Espectro de la radiación solar	13
Figura 5-2	Batería de plomo.....	16
Figura 6-2	Descarga de las baterías	18
Figura 7-2	Vida útil de las baterías en relación al tiempo y la temperatura	19
Figura 8-2	Baterías de gel.....	21
Figura 9-2	Baterías de AGM.....	21
Figura 10-2	Arduino	22
Figura11-2	Gsm sim900	24
Figura 12-2	Electroválvula	25
Figura 1-3	Diagrama del diseño y evaluación.....	28
Figura 2-3	Precio de los Paneles Solares.....	28
Figura 3-3	Proyectos eléctricos del Ecuador	29
Figura 4-3	Potencial eléctrico del Ecuador.....	29
Figura 5-3	Atlas solar del Ecuador	30
Figura 6-3	Radiación solar del Ecuador	30
Figura 7-3	Mapa de Energía solar Mundial.....	31
Figura 8-3	Mapa de Energía solar difusa del Ecuador	31
Figura 9-3	Mapa ampliado de radiación solar difusa del Ecuador	32
Figura 10-3	Histograma mapa de radiación solar difusa del Ecuador.....	32
Figura 11-3	Mapa de Radiación solar Directa del Ecuador.....	33
Figura 12-3	Mapa ampliado de radiación solar Directa del Ecuador	33
Figura 13-3	Histograma mapa de radiación solar directa del Ecuador.....	34
Figura 14-3	Mapa de radiación solar global del Ecuador.....	34
Figura 15-3	Mapa ampliado de radiación solar global del Ecuador.....	34

Figura 16-3	Histograma mapa de radiación solar global del Ecuador.....	35
Figura 17-3	Estaciones Meteorológicas en Tungurahua	35
Figura 18-3	Mapa de estaciones meteorológicas del Ecuador.....	36
Figura 19-3	Mapa del Barrio Nueva vida en Huachi Grande	36
Figura 20-3	Ubicación del barrio Nueva Vida de la Parroquia Huachi Grande con relación a la estación meteorológica de Querochaca	37
Figura 21-3	Mapa del barrio Nueva Vida de la Parroquia Huachi Grande, vista desde el satélite.	37
Figura 22-3	Estación metrológica en Querochaca del cantón Cevallos	38
Figura 23-3	Heliofania (horas que quema el sol)	39
Figura 24-3	Grafica de Heliofania del año 2016	40
Figura 25-3	Grafica de la temperatura máxima y mínima del año 2016	40
Figura 26-3	Nubosidad del año 2016	41
Figura 27-3	Heliofania del año 2017	42
Figura 28-3	Temperaturas promedios del año 2017	42
Figura29-3	Nubosidad promedio 2017.....	43
Figura 30-3	Panel solar.....	43
Figura 31-3	Características del panel solar.....	44
Figura 32-3	Regulador de voltaje. Y-Solar Controlador de Carga Solar.....	44
Figura 33-3	Regulador de voltaje rango de operación.....	45
Figura 34-3	Batería de gel SN12100	47
Figura 35-3	Circuito equivalente de la Batería.....	49
Figura 36-3	Bomba de agua de ½ Hp.....	50
Figura 37-3	Dimensiones del reservorio	50
Figura 38-3	Costos del proyecto.....	58
Figura 39-3	Armado de mástil y paneles solares.....	62
Figura 40-3	Paneles solares a 11 ⁰ grados	63
Figura41-3	Instalaciones manuales de las llaves de agua.....	64
Figura 42-3	Armado final de electroválvulas con sus acoples	64
Figura 43-3	Reemplazo de electroválvulas por las llaves manuales	65

Figura 44-3	Arduino y sim900	66
Figura 45-3	App inventor	66
Figura 46-3	Vista del usuario en app inventor.....	67
Figura 47-3	Programación de bloques en app inventor	67
Figura 48-3	Icono de la aplicación en el celular.....	68
Figura49-3	Ejecución del programa realizada en app inventor	68
Figura 50-3	Baterías de gel conectadas en serie.....	69
Figura 51-3	Gabinete con los dispositivos	70
Figura 52-3	Proyecto armado	70
Figura 53-3	Sistema de Irrigación	71
Figura 1-4	Bomba de agua a combustión	74
Figura 2-4	Costos de Operación de la bomba de gasolina en un año	75
Figura 3-4	Costos bomba de agua Vs sistema fotovoltaico en 7 años.....	77
Figura 4-4	Costos y contaminación de la bomba de agua en relación con el sistema fotovoltaico dentro de 20 años.....	77
Figura 5-4	Tiempo de manipulación de la bomba de agua en relación con el sistema fotovoltaico	78

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-3 Resumen de toma de datos del año 2016.....	39
Tabla 2-3 Resumen de toma de datos del año 2017.....	41
Tabla 3-3 Características del regulador de voltaje SKU: WP3024D/WP5024D	46
Tabla 4-3 Especificaciones técnicas de la batería de gel.....	48
Tabla 5-3 Datos de bomba de agua	50
Tabla 6-3 Cálculos de la capacidad del reservorio.....	51
Tabla 7-3 Tiempo de llenado del reservorio	51
Tabla 8-3 Coefficiente de Reflectividad.....	52
Tabla 9-3 Tabla para calcular el coeficiente A.....	52
Tabla 10-3 Tabla para calcular el coeficiente β	53
Tabla 11-3 Potencia de consumo de los equipos electrónicos y eléctricos	53
Tabla 12-3 Cálculos del tiempo a utilizar	53
Tabla 13-3 Cálculos de la potencia total de consumo en un día	54
Tabla 14-3 Datos de Irradiación global para todos los meses del año	54
Tabla 15-3 Datos del panel solar.....	54
Tabla 16-3 Datos de la batería de gel.....	55
Tabla 17-3 Datos del regulador.....	55
Tabla 18-3 Datos de conversor de DC a AC.....	55
Tabla 19-3 Días de autonomía del proyecto.....	55
Tabla 20-3 Cálculos para el mes peor	56
Tabla 21-3 Cálculos de la corriente en el mes peor	56
Tabla 22-3 Cálculos para número de paneles solares.....	57
Tabla 23-3 Cálculos para en número de baterías	57
Tabla 24-3 Presupuesto del todo el sistema	58
Tabla 25-3 Declinación Solar.....	61
Tabla 1-4 Ángulos de inclinación	72

Tabla 2-4 Medición de voltaje	73
Tabla 3-4 Tabla de consumo de gasolina, aceite, CO ₂ , mantenimiento de la bomba de agua en un año.....	75
Tabla 4-4 Tabla de gastos de la bomba de agua en 7años.....	76
Tabla 5-4 Tabla relación de costos y gastos, pro y contras bomba de agua vs sistema fotovoltaico para 7 años	76

RESUMEN

El presente trabajo de titulación evalúa un Sistema de control fotovoltaico basado en los índices de irradiación solar, del sector Huachi Grande barrio “Nueva Vida”, para la automatización de un sistema de regadío que está basado en la metodología científica, analítica y de síntesis. Se realizó el análisis del historial meteorológico proporcionado por el INAMHI, referente a la estación de Querochaca del cantón Cevallos (Huachi Grande) de la provincia de Tungurahua, los datos analizados corresponden a los años 2016 y 2017 y los mismos son de radiación solar, humedad, temperatura, horas sol, entre otros. Con los datos adquiridos se aplica el método de cálculo de dimensionamiento de estaciones fotovoltaicas, obteniendo valores cuantitativos de insolación solar (2,7KW/m²/día), latitud y longitud (-1.3190, -78.6419) respectivamente, del sector de Huachi Grande Barrio Nueva Vida; con lo que dimensiona 1320Wattios de consumo y se calcula el número de paneles solares, inversor, regulador y baterías que se necesitan para poner en funcionamiento la bomba de agua, a fin de irrigar un área de 500 m² de terreno. Las pruebas realizadas en el sistema ya implementado, permite analizar los datos de voltajes de los paneles solares en diferentes ángulos de inclinación, concluyendo que el mejor aprovechamiento del sistema se logra con una inclinación de 11.31 ° con respecto a la horizontal y mirando hacia el norte magnético. El sistema esta dimensionado y diseñado para trabajar 2 días a la semana, durante 3 horas continuas bombeando agua del tanque reservorio al terreno, además cuenta con 3 horas de reserva de energía en sus baterías. La zona de Huachi Grande es óptima para la implementación de sistemas fotovoltaicos, por la irradiación presente en este sector, esta característica hace que los sistemas fotovoltaicos sean una solución viable y ecológica, generando energía renovable con una alta eficiencia, con costos moderados de instalación, reduciendo el impacto ambiental; tomando en considerando que el proyecto tiene visión social, debido a que la zona se encuentra habitada en su mayoría por comunidades de escasos recursos y su población se dedica a la ganadería y agricultura, especialmente al cultivo de frutas.

Palabras clave: <TECNOLOGÍAS Y CIENCIAS DE LA INGENIERÍA>, <RADIACION SOLAR>, <FOTOVOLTAICA>, <NUBOSIDAD>, <HELIOFANIA>, <REFLECTIVIDAD>, <IRRADIACIÓN>, <ALBEDO>

SUMMARY

This research work evaluates a photovoltaic control system based on the solar irradiation rates of Huachi Grande neighborhood “Nueva Vida”, for the automation of an irrigation system that is based on scientific, analytical and synthesis methodology. The analysis of the meteorological history provides by the INAMHI was made, referring to Querochaca station of Cevallos (Huachi Grande) canton of Tungurahua province, the analyzed data correspond to the years 2016 and 2017 and they are of solar radiation, humidity, temperature, sun hours, among others. With the acquired data, the calculation method for dimensioning the photovoltaic stations is applied, obtaining the quantitative values of solar insolation (2,7KW/m²/day), latitude and longitude (-1.3190 -78.6419) respectively, of Huachi Grande sector, Nueva Vida Neighborhood: which measures 1320 Watos of consumption and calculates the number of solar panels, inverter, regulator and batteries needed to start the water pump, in order to irrigate an area of 500 m² of land. The test carried out in the system already implemented, allow analyzing the data of voltages of the solar panels at different angles of inclination, concluding that the best use of the system is achieved with an inclination of 11,31⁰ with respect to the horizontal and looking towards the magnetic north. The system is dimensioning and designed to work 2 days a week, for 3 hours continuously pumping water from the reservoir tank to the land. Also it has 3 hours of energy reserve in its batteries. Huachi Grande area is optimal for the implementation of photovoltaic system, by the irradiation present in this sector, this feature makes photovoltaic systems a viable and ecological solution, generating renewable energy with high efficiency, with moderate installation costs, reducing the environmental impact; taking into account that the project has a social vision, due to the area is mostly inhabited by low-income communities and its population is dedicated to livestock and agriculture, especially the cultivation of fruits.

Keywords :<SOLAR RADIATION>, <PHOTOVOLTAIC>, <CLOUDINESS>, <HELIOFANIA>, <REFLECTIVITY>, <DIFFUSE>, <IRRADIATION>,<ALBEDO>

CAPÍTULO I

1 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Planteamiento del problema

El aumento de la población en todo el mundo ha hecho que la demanda de energía sea cada más grande, que exige la explotación más acelerada de combustibles fósiles a cambio de consecuencias para el planeta como el calentamiento global que implica cambios climáticos como sequías, inundaciones, destrucción de la capa de ozono, contaminación ambiental siendo perjudicial para todo ser viviente en la tierra.

La energía eléctrica proveniente de las centrales hidroeléctricas, funcionan con un recurso renovable como el agua, pero en época de sequía se producen racionamientos de energía eléctrica; el cambio climático latente en el planeta afecta las cuencas hídricas y por ende a las centrales hidroeléctricas que se ven afectadas por la falta de caudal.

Algunos países ya han optado por instalaciones de energías limpias y renovables como es el caso de España, Estados Unidos, Alemania, en Latinoamérica países como Colombia forma parte de un programa novedoso denominada Pasa la Corriente, que lleva luz y esperanza a zonas que por años fueron oscurecidas por conflictos armados y narcotráfico. (energialimpiaparatodos.com, 2017)

En el Ecuador se ha tomado decisiones sólidas para proteger el medio ambiente, adoptando medidas como el cambio de matriz energética aplicados al plan de adaptación al cambio climático y su compromiso acorde al Acuerdo de París, a fin de reducir las emisiones de CO₂ con vista al 2030, todo a través de la generación de energía mediante la utilización de recursos renovables como el sol, geotermia, hídrica y eólica.

Chile en el 2012, sólo tenía 5MW de energía solar, hoy día cuentan con más de 362MW y 873 MW se encuentran en construcción y planeación. (energialimpiaparatodos.com, 2015)

En Argentina existe un poblado con el 100% de energía solar. El país espera generar en un par de años el 8% de su matriz energética nacional usando fuentes renovables. (energialimpiaparatodos.com, 2017)

México inauguró en el 2013, la última fase de una de las plantas solares más grandes de Latinoamérica, Aura Solar I se instaló en Baja California Sur en un tiempo récord de siete meses y a partir de septiembre del mismo año empezó a convertir los rayos de sol en corriente alterna.(energialimpiaparatodos.com, 2017)

Guatemala tiene una de las mayores plantas fotovoltaicas de la región con 5 MW de potencia y cerca de 20 mil paneles solares. (energialimpiaparatodos.com, 2017)

Honduras es el país líder en energía solar en toda Centroamérica y el tercero en crecimiento en América Latina, en poco tiempo ha establecido una docena de plantas solares. (energialimpiaparatodos.com, 2017)

En el Ecuador en el cantón Pimampiro provincia de Imbabura, fue conectada la primera planta fotovoltaica del país. La central que produce energía solar aportará a la red estatal de electricidad más de 28 MW mensualmente. (Romero M, 2014)

El Parque Eólico Baltra / Santa Cruz, en su primera fase de 2,25 MW aporta con 6,0 GWh/año de energía y reducirá el consumo de diésel en las Islas Santa Cruz y Baltra de al menos 550 000,00 gal/año, que equivalen a la no emisión de 3 600 t CO₂/año. A su vez, la implementación del sistema fotovoltaico de 1,5 MWp aprovecha el recurso solar de la isla Santa Cruz cuya energía será transportada hacia la subestación de ELECGALÁPAGOS en Puerto Ayora, que tendrá un aporte energético de 2,2GWh/año. Ambos sistemas renovables dotarán de aproximadamente 8.2GWh de electricidad al cantón Santa Cruz, reducirán el uso de 750.000 galones de diésel en la generación de energía eléctrica y se evitará por consiguiente emitir 5.340 toneladas de CO₂ a la atmosfera anualmente. (Ministerio de Energías Renovables (MEER, 2014).

La Central Eólica Villonaco de 16.5 MW de potencia proyecto que se encuentra ubicado en la provincia de Loja, cantón Loja. Cuenta con 11 aerogeneradores de 1.5 MW cada uno. Es el primer proyecto eólico en Ecuador continental, además de ser el primero en el mundo con una velocidad promedio anual de 12.7 m/s (metros sobre segundo) a una altitud de 2700 msnm (metros sobre el nivel del mar). Aporta al Sistema Nacional Interconectado una energía neta de 332,38 GWh (Giga watts hora) desde su entrada en operación a julio de 2017, reduciendo emisiones de CO₂ en aproximadamente 32 mil Ton/año, creando 254 fuentes de empleo directo, adicionalmente

beneficia a más de 200 mil habitantes correspondientes al cantón Loja. (Ministerio de energías renovables (MEER, 2014).

1.2 Formulación del problema

¿Permitirá la utilización de celdas fotovoltaicas automatizar un sistema de riego controlado?

1.3 Sistematización del problema

- ¿Qué aspectos influyen en las celdas fotovoltaicas?
- ¿Cómo medir la irradiación solar?
- ¿Qué sistema de control se puede utilizar en la automatización de un sistema de riego?
- ¿Con la automatización es posible evitar la mano de obra?

1.4 Justificación de la investigación

Actualmente el aumento de la población, la enorme dependencia por los combustibles fósiles, los cambios climáticos y sus consecuencias han hecho que la generación de la energía sea uno de los principales problemas a resolver a nivel mundial.

El énfasis de varios países por cuidar el medio ambiente hace que se busque la manera de obtener energía evitando la emisión de gases de efecto invernadero, con el uso de energías renovables como solar, eólica, geotermal, mareomotriz, etc, considerando que el de mayor potencial es la solar por ser la más abundante sobre la tierra, silenciosa, limpia (libre de emisiones) y accesible a todos.

La superficie de la tierra recibe aproximadamente 178000 TW/año, de los cuales el 30% son reflejados a la atmósfera, el 50% son absorbidos por la superficie terrestre y el 20% restante permite la formación de vientos, ciclos hidrológicos y permiten la fotosíntesis en los vegetales. Un sistema fotovoltaico ofrece los siguientes beneficios: es escalable, de bajo mantenimiento, genera ahorros en el consumo eléctrico, se puede generar electricidad en zonas aisladas. (Romero, 2015)

Impulsar la economía endógena para el Buen Vivir con tecnologías más limpias y eficientes: para dar el salto cualitativo en la estructura productiva y hacer más sostenible nuestra economía es uno de los objetivos fundamentales para el desarrollo del Ecuador. (Plan Nacional de buen vivir, 2013-2017)

Según el Plan del Buen Vivir, el objetivo 10 manifiesta que se impulsará la transformación de la matriz productiva. El cambio de la matriz productiva es uno de los aspectos más importantes para lograr un cambio en la economía del país, donde se debe definir la forma en la que se produce y hacia dónde va a estar destinada dicha producción. Esta transformación de la matriz productiva está basada en cuatro ejes que es la diversificación productiva, agregar valor a la producción, sustitución de importaciones y fomentar las exportaciones para consumo. Final.

También según el artículo 4.6 del Plan Nacional del Buen Vivir, se promoverá la interacción recíproca entre la educación y el sector productivo, la investigación científica y tecnológica, para la transformación de la matriz productiva y la satisfacción de las necesidades. (Plan Nacional de buen vivir, 2013-2017).

Según el cambio de la matriz productiva del Ecuador, consolidar la transformación de los sectores estratégicos, el uso soberano y eficiente de los recursos naturales, considerando el gran potencial de energías renovables para desarrollar proyectos como complejos solares fotovoltaicos, termo solares, complejos eólicos e hidroeléctricos. (Plan Nacional de buen vivir, 2013-2017)

Con la energía fotovoltaica se pretende aportar a la matriz productiva dejando de consumir energía hidroeléctrica con sus altos costos de instalación, en la agricultura mejorando zonas de irrigación y aumentando su producción, en zonas pobladas donde la energía hidroeléctrica es inaccesible se evitaría el consumo de combustibles fósiles y eliminando la contaminación al ambiente y a la vez mejorando la calidad del aire, en la industria disminuyendo costos de producción aumentando su rentabilidad.

Desde esta perspectiva, el propósito del proyecto es implementar energía fotovoltaica en zonas donde es inaccesible el uso de energía hidroeléctrica para la agricultura (bombeo y aspersión de agua) mejorando la producción.

1.5 Objetivos de la investigación

1.6 Objetivo general

Evaluar un sistema de control fotovoltaico basado en los índices de irradiación solar del sector Huachi Grande para automatizar un sistema de regadío.

1.7 Objetivos específicos

- Estudio, análisis e investigación de un sistema de control para sistemas de riego basado en un sistema fotovoltaico.
- Diseñar un sistema de control para automatizar el sistema de regadío
- Implementar el sistema de control de riego en la zona rural de Huachi Grande en el barrio “Nueva Vida”.
- Evaluar el sistema de control fotovoltaico basado en los índices de irradiación solar para comprobar la factibilidad del proyecto

1.8 Hipótesis

¿Permite la evaluación de un sistema de control fotovoltaico basado en los índices de irradiación solar automatizar un sistema de regadío en el sector de Huachi Grande barrio Nueva Vida?

CAPÍTULO II

2 ESTADODELARTE

2.1 Antecedentes de investigación

El trabajo denominado “MEDIDA DE LA RADIACION SOLAR”, realizada en Procedimiento de Mantenimiento y Calibración de Estación Radiométrica, David Daniel Pérez Carrasco; concluye

La radiación emitida por el Sol se distribuye en un amplio espectro de longitudes de onda, correspondiendo la mayor parte de la energía radiada, a la porción comprendida entre 0.2 y 3.0 μm , con una distribución espectral muy similar a la producida por un radiador integral (cuerpo negro) a 5777 K. Alrededor de la mitad de dicha energía se encuadra dentro de la banda visible (0.39-0.77 μm). El resto corresponde casi por completo a radiación infrarroja, con un pequeño porcentaje de radiación ultravioleta. La distribución espectral de la radiación solar, ha sido estudiada por muchos investigadores, llegándose a propuestas diferentes, aunque próximas. Las más conocidas son las de Jonson y Thekaekara (NASA) y la de Frölich y Wehrli del WRC. La radiación solar se mide usualmente mediante instrumentos especiales destinados a tal propósito denominados radiómetros. Existen varias clases de radiómetros, dependiendo del tipo de radiación a medir.

La radiación global se mide generalmente sobre una superficie horizontal con un instrumento de medida denominado piranómetro. La mayoría de los piranómetros se basan en la medida de la diferencia de temperaturas entre dos superficies, una blanca y otra negra, encerradas en una cámara semiesférica de vidrio. (Pérez, 2008)

El trabajo de investigación: “LA RADIACIÓN SOLAR GLOBAL EN LA REGIÓN SUR DE ECUADOR REANÁLISIS DE LA NUBOSIDAD DIURNA.”, elaborado por Orlando Álvarez, Thuesman Montaña, Emmanuelle Quentin, Jorge Maldonado, Juan Solano, Área de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales No Renovables, Universidad Nacional de Loja, Proyecto “Prometeo, Viejos Sabios”, SENESCYT, Loja, Ecuador. Se concluye que los valores máximos de radiación global, considerando los por cientos de días con cielo claro se encuentran al oeste de la zona del proyecto mientras los mínimos aparecen, fundamentalmente hacia el Este de la misma, coincidiendo con las zonas de mayor por ciento mensual de días claros y días nublados

respectivamente con esta información relevante se concluye que si se puede realizar la implementación. (Álvarez, Quentin, Solano, 2015)

En cuanto al trabajo de investigación: “GUIA PARA LA PREPARACION DE ANTEPROYECTOS DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA”, realizado por el egresado de la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica de la Escuela Politécnica Nacional, Alejandro Javier Cadena Añazco, señala que la crisis energética mundial ha obligado a la búsqueda de nuevas fuentes de energía que no dependan de los combustibles fósiles. Una de estas alternativas, investigada desde hace varias décadas y que está llegando a un punto de madurez tecnológica y viabilidad económica es la energía solar fotovoltaica, sobre todo en lugares aislados de los grandes centros poblados, desprovistos de líneas de transmisión u otras fuentes de generación energética. En el capítulo 1 y 2 se realiza un análisis de la situación energética mundial en el presente y proyecciones generales a futuro. Se presenta una breve descripción de la situación de la disponibilidad de energías primarias, y una profundización en las fuentes de energía eléctrica disponibles. Además, se presentan algunas proyecciones del crecimiento global de la demanda de energía eléctrica elaboradas por organizaciones del sector, en las que se enfatiza sobre la marcada dependencia actual de los combustibles fósiles y la necesidad de encontrar energías que puedan suplementar la creciente demanda energética o al menos reducir, si no limitar totalmente la emisión de contaminantes al ambiente. Dentro de estas soluciones, se propone a la energía solar fotovoltaica como una opción viable. Además, se describen todos los componentes que conforman un sistema fotovoltaico típico aislado de la red eléctrica: celdas fotovoltaicas, módulos, baterías, controlador de carga e inversor. En cada uno de los subcapítulos dedicados a los componentes del sistema, se muestra las tecnologías dominantes actualmente y las emergentes que pueden reemplazarlas en un futuro cercano. (Cadena, 2010)

La tesis denominada: PROYECTO DE IMPLEMENTACIÓN DE PANELES SOLARES EN HACIENDAS ALEJADAS DE LA FUENTE DE ENERGÍA CONVENCIONAL. CASO: HACIENDA “EL VADO”, efectuada por Jorge Alexander Feijoo Aguilar, egresado de la Facultad Economía y Negocios de la Escuela Superior Politécnica del Litoral.

Estos paneles se colocan dependiendo de la cantidad de energía que se requiera producir.

Para el estudio se utilizó como ejemplo una vivienda en una zona rural, alejada de las grandes ciudades, en donde aún no se han instalado un sistema de redes de distribución eléctrica convencionales, es decir, personas del campo o haciendas, cuyo costo de implementar dichas redes de energía es muy costoso para el gobierno o para sí mismo.

El generar energía eléctrica sin que exista por ejemplo un proceso de combustión o una etapa de transformación térmica (una de las tantas maneras de generar electricidad), desde el punto de vista medioambiental, es un procedimiento muy favorable por ser limpio, exento de problemas de

contaminación, etc. Se suprimen radicalmente los impactos originados por los combustibles durante su extracción, transformación, transporte y combustión, etc. lo que beneficia la atmósfera, el suelo, el agua, la fauna, la vegetación, etc. (Feijoo, 2010)

En la tesis: “ESTUDIO DE LA FACTIBILIDAD DE LA IMPLEMENTACION DE PANELES FOTOVOLTAICOS PARA ALIMENTAR LOS SISTEMAS DE ENERGIA ELECTRICA EN LOS DOMICILIOS DE LAS CLASES ECONOMICAS MEDIAS EN LA PROVINCIA DEL GUAYAS” elaborado por Pablo José Guamán Ramírez de la Universidad Agraria del Ecuador, el proyecto va enfocado a familias que no tengan el acceso a la energía eléctrica específicamente en el estero salado, los cerros azul y blanco. Se recopiló información de estaciones meteorológicas cercanas con el fin de analizarlo, se verificó su factibilidad realizando la ejecución del proyecto. (Guamán, 2013)

El estado ecuatoriano ha implementado en los últimos años sistemas de generación eléctrica basados en tecnología fotovoltaica acoplándose al cambio de la matriz energética, dichos proyectos se encuentran en funcionamiento en los sectores de: Pimampiro, la reserva de producción de fauna de Chimborazo, en la isla Baltra, y Santa Cruz en la provincia de Galápagos. (Guamán, 2013)

2.2 Definiciones

2.2.1 *Energía solar fotovoltaica*

La energía solar fotovoltaica es una fuente de energía que produce electricidad de origen renovable, obtenida directamente a partir de la radiación solar mediante un dispositivo semiconductor denominado célula fotovoltaica. (Rosales, 2015)

Este tipo de energía se usa principalmente para producir electricidad a gran escala a través de redes de distribución, aunque también permite alimentar innumerables aplicaciones y aparatos autónomos, abastecer refugios de montaña o viviendas aisladas de la red eléctrica. Debido a la creciente demanda de energías renovables, la fabricación de células solares e instalaciones fotovoltaicas ha avanzado considerablemente en los últimos años. Comenzaron a producirse en masa a partir del año 2000. (Ruzafa, 2009)



Figura 1-2: Paneles Solares

Fuente:<http://vidamasverde.com/2013/los-paneles-solares-utilizan-mas-energia-de-la-que-generan/>

Los materiales para celdas solares son de silicio cristalino o arseniuro de galio (GaAs). Los cristales de arseniuro de galio se fabrican especialmente para uso fotovoltaico, mientras que los cristales de silicio están disponibles en lingotes normalizados, más baratos, producidos principalmente para el consumo de la industria microelectrónica. El silicio poli cristalino tiene una menor eficacia de conversión, pero también menor costo.

Cuando se expone a luz solar directa, una celda de silicio de 6 cm de diámetro puede producir una corriente de alrededor 0,5 Amperios a 0,5 Voltios (equivalente a un promedio de 90 W/m², en un campo de normalmente 50-150 W/m², dependiendo del brillo solar y la eficiencia de la celda). El arseniuro de galio es más eficaz que el silicio, pero también más costoso.

Las células de silicio más empleadas en los paneles fotovoltaicos se dividen en tres subcategorías:

- Células de silicio mono cristalino constituidas por un único cristal de silicio, presenta un color azul oscuro uniforme.
- Células de silicio poli cristalino (también llamado multi cristalino) están constituidas por un conjunto de cristales de silicio, su rendimiento es inferior al de las células mono cristalinas. Se caracterizan por un color azul más intenso.

Las células de silicio amorfo son menos eficientes que las células de silicio cristalino y son más baratas, se emplean en aplicaciones solares como relojes o calculadoras. (Baquerizo, 2016)

2.2.2 Funcionamiento de las celdas solares

Las celdas solares están formadas por dos tipos de materiales, generalmente silicio tipo p y silicio tipo n, la luz de ciertas longitudes de onda puede ionizar los átomos en el silicio y el campo interno producido por la unión que separa algunas de las cargas positivas ("agujeros") de las cargas

negativas (electrones) dentro del dispositivo fotovoltaico. Los agujeros se mueven hacia la capa positiva o capa de tipo p y los electrones hacia la negativa o capa tipo n. Aunque estas cargas opuestas se atraen mutuamente, la mayoría de ellas solamente se pueden re combinar pasando a través de un circuito externo fuera del material debido a la barrera de energía potencial interno. Por lo tanto si se hace un circuito se puede producir una corriente a partir de las celdas iluminadas, puesto que los electrones libres tienen que pasar a través del circuito para recombinarse con los agujeros positivos. (Textos científicos, 2017)

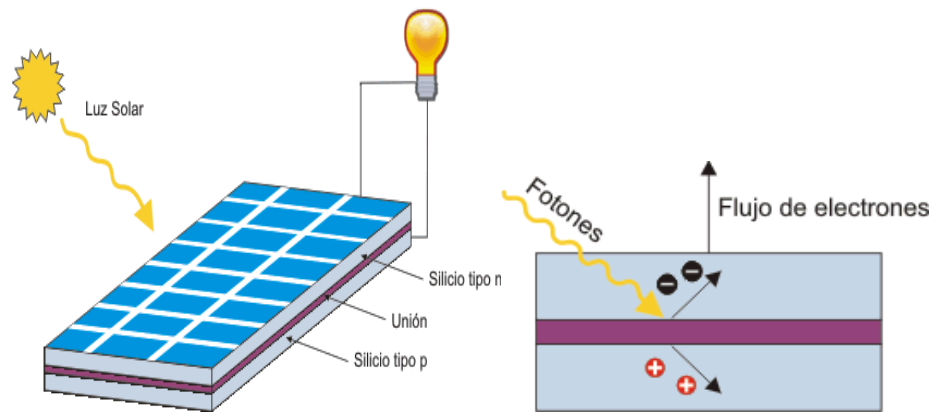


Figura2-2: Como produce energía eléctrica las celdas Solares

Fuente: <https://www.textoscientificos.com/energia/celulas>

2.2.3 Corriente y tensión de un sistema Fotovoltaico

La corriente y la tensión de trabajo de un dispositivo fotovoltaico dependen de:

- Radiación solar incidente.
- Temperatura ambiente.
- Características de la carga conectada al mismo

2.2.4 Eficiencia de las celdas solares

Las celdas solares de silicio mono cristalino actualmente no pueden convertir más del 25% de la energía solar en electricidad, porque la radiación en la región infrarroja del espectro

electromagnético no tiene suficiente energía como para separar las cargas positivas y negativas en el material.

Las celdas solares de silicio poli cristalino en la actualidad tienen una eficiencia de menos del 20% y las celdas amorfas de silicio tienen actualmente una eficiencia cerca del 10%, debido a pérdidas de energía internas más altas que las del silicio mono cristalino. (Textos científicos, 2017)

2.2.5 Radiación solar.

Según (Rosales O, 2017) es un conjunto de radiaciones electromagnéticas emitidas por el Sol. El Sol se comporta prácticamente como un cuerpo negro que emite energía siguiendo la ley de Planck a una temperatura de 6000° K. La radiación solar se distribuye desde el infrarrojo hasta el ultravioleta, no toda la radiación alcanza la superficie de la Tierra, las ondas ultravioletas, más cortas, son absorbidas por los gases de la atmósfera fundamentalmente por el ozono. La magnitud que mide la radiación solar que llega a la Tierra es la irradiancia, que mide la energía que, por unidad de tiempo y área, alcanza a la Tierra, su unidad es el W/m² (vatio por metro cuadrado). (Mata A, 2017)

El Sol es la estrella más cercana a la Tierra y está catalogada como una estrella enana amarilla. Sus regiones interiores son totalmente inaccesibles a la observación directa y es allí donde ocurren temperaturas de unos 20 millones de grados necesarios para producir las reacciones nucleares que producen su energía. (Sanz N, 2017)

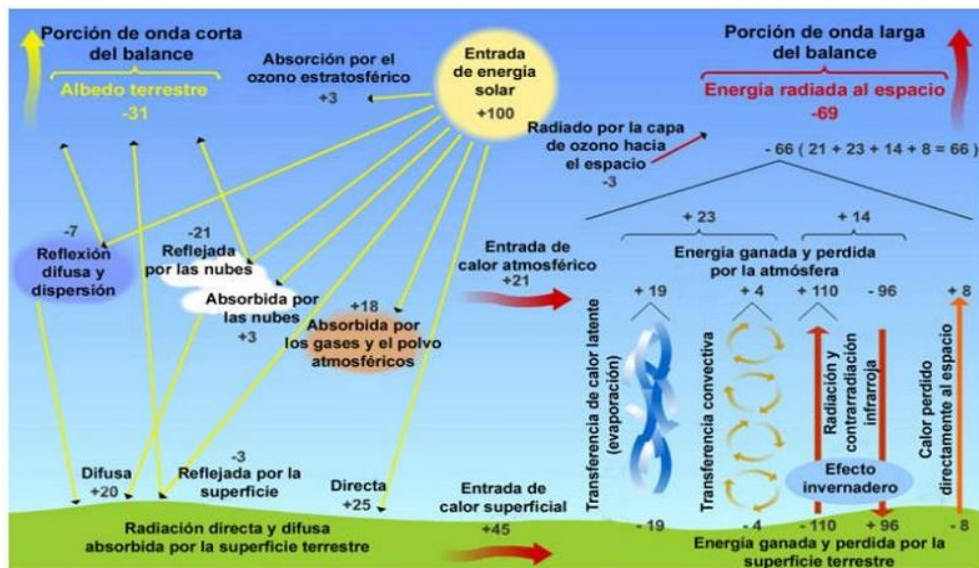


Figura 3-2: Radiación Solar

Fuente: <https://www.meteorologiaenred.com/la-radiacion-solar.html>

2.2.6 Tipos de radiación

2.2.6.1 Radiación directa

Es aquella que llega directamente del Sol sin haber sufrido cambio alguno en su dirección, se caracteriza por proyectar una sombra definida de los objetos opacos que la interceptan. (Castells, Bordas, 2011)

2.2.6.2 Radiación difusa.

Parte de la radiación que atraviesa la atmósfera es reflejada por las nubes o absorbida por éstas. Esta radiación, que se denomina difusa, va en todas direcciones, como consecuencia de las reflexiones y absorciones, no sólo de las nubes sino de las partículas de polvo atmosférico, montañas, árboles, edificios, el propio suelo, etc. Este tipo de radiación se caracteriza por no producir sombra alguna respecto a los objetos opacos interpuestos. Las superficies horizontales son las que más radiación difusa reciben, ya que ven toda la bóveda celeste, mientras que las verticales reciben menos porque sólo ven la mitad. (Castells, Bordas, 2011)

2.2.6.3 Radiación reflejada

La radiación reflejada es, como su nombre indica, aquella reflejada por la superficie terrestre. La cantidad de radiación depende del coeficiente de reflexión de la superficie, también llamado albedo. Las superficies horizontales no reciben ninguna radiación reflejada, porque no ven ninguna superficie terrestre y las superficies verticales son las que más radiación reflejada reciben. (Castells, Bordas, 2011)

2.2.6.4 Radiación Global

Es la radiación total, la suma de las tres radiaciones. En un día despejado, con cielo limpio, la radiación directa es preponderante sobre la radiación difusa. Por el contrario, en un día nublado no existe radiación directa y la totalidad de la radiación que incide es difusa. (Castells, Bordas, 2011)

2.2.7 Espectro de la Radiación Solar

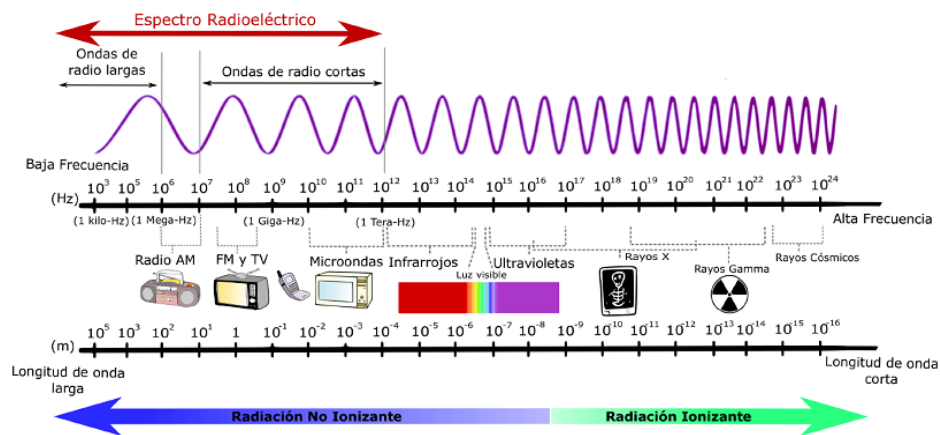


Figura 4-2: Espectro de la radiación solar

Fuente: <http://www.astronoo.com/es/articulos/espectro-electromagnetico.html>

La aplicación de la Ley de Planck al Sol con una temperatura superficial de unos 6000 K nos lleva a que el 99 % de la radiación emitida está entre las longitudes de onda 0,15 μm (micrómetros o micras) y 4 micras. Como 1 angstrom $1 \text{ \AA} = 10^{-10} \text{ m} = 10^{-4} \text{ micras}$ resulta que el Sol emite en un rango de 1500 \AA hasta 40000 \AA . La luz visible se extiende desde 4000 \AA a 7400 \AA . La radiación ultravioleta u ondas cortas iría desde los 1500 \AA a los 4000 \AA y la radiación infrarroja u ondas largas desde las 0,74 micras a 4 micras. (Portillo, 2017)

2.2.7.1 Radiación Ultravioleta

La radiación ultravioleta tiene la menor longitud de onda 360 nm (nano metros), lleva mucha energía e interfiere con los enlaces moleculares, especialmente las de menos de 300 nm que pueden alterar las moléculas de ADN (ácido desoxirribonucleico), muy importantes para la vida. Estas ondas son absorbidas por la parte alta de la atmósfera, especialmente por la capa de ozono. Es importante protegerse de este tipo de radiación ya que por su acción sobre el ADN está asociada con el cáncer de piel. (Portillo, 2017)

Sólo las nubes tipo cúmulos de gran desarrollo vertical atenúan éstas radiaciones prácticamente a cero. El resto de las formaciones tales como cirrus, estratos y cúmulos de poco desarrollo vertical no las atenúan, por lo cual es importante la protección aún en días nublados. Es importante tener especial cuidado cuando se desarrollan nubes cúmulos, ya que éstas pueden llegar a actuar como

espejos y difusores e incrementar las intensidades de los rayos ultravioleta y por consiguiente el riesgo solar. Algunas nubes tenues pueden tener el efecto de lupa. (Portillo, 2017)

2.2.7.2 *Luz Visible*

La radiación correspondiente a la zona visible cuya longitud de onda está entre 360 nm (violeta) y 760 nm (rojo), por la energía que lleva, tiene gran influencia en los seres vivos. La luz visible atraviesa con bastante eficacia la atmósfera limpia, pero cuando hay nubes o masas de polvo parte de ella es absorbida o reflejada. (Portillo, 2017)

2.2.7.3 *Radiación infrarroja*

La radiación infrarroja de más de 760 nm, es la que corresponde a longitudes de onda más largas y lleva poca energía asociada. Su efecto aumenta la agitación de las moléculas, provocando el aumento de la temperatura. El CO₂, el vapor de agua y las pequeñas gotas de agua que forman las nubes absorben con mucha intensidad las radiaciones infrarrojas.

La atmósfera se desempeña como un filtro ya que mediante sus diferentes capas distribuyen la energía solar para que a la superficie terrestre sólo llegue una pequeña parte de esa energía.

La parte externa de la atmósfera absorbe parte de las radiaciones reflejando el resto directamente al espacio exterior, mientras que otras pasarán a la Tierra y luego serán irradiadas. Esto produce el denominado balance térmico, cuyo resultado es el ciclo del equilibrio radiante.

Ello nos libra de la ultravioleta más peligrosa para la salud. La atmósfera es opaca a toda radiación infrarroja de longitud de onda superior a las 24 micras, ello no afecta a la radiación solar pero sí a la energía emitida por la Tierra que llega hasta las 40 micras y que es absorbida. A este efecto se lo conoce como efecto invernadero. (Portillo, 2017)

2.2.8 *Efectos sobre la salud*

La exposición prolongada a la radiación solar puede ser perjudicial para la salud. Esto está agravado por el aumento de la expectativa de vida humana, que está llevando a toda la población mundial, a permanecer más tiempo expuesto a las radiaciones solares, con el riesgo mayor de cáncer de piel.

La radiación ultravioleta, es emitida por el sol en longitudes de onda que van aproximadamente desde los 150 nm (1500 Å), hasta los 400 nm (4000 Å), en las formas UV-A, UV-B y UV-C pero a causa de la absorción por parte de la atmósfera terrestre, el 99 % de los rayos ultravioletas que llegan a la superficie de la Tierra son del tipo UV-A. Ello nos libra de la radiación ultravioleta

más peligrosa para la salud. La atmósfera ejerce una fuerte absorción que impide que ingrese toda radiación con una longitud de onda inferior a 290 nm (2900 Å angstrom).

La radiación UV-C no llega a la tierra porque es absorbida por el oxígeno y el ozono de la atmósfera, por lo tanto, no produce daño. La radiación UV-B es parcialmente absorbida por el ozono y llega a la superficie de la tierra, produciendo daño en la piel (Sacchetti, 2003).

En los últimos años según estudios de la NASA el agujero de la capa de ozono se está reduciendo notablemente esto gracias a países que han tomado decisiones en adquirir energía limpia y renovable y que a la vez ayudan a la conservación del planeta para las futuras generaciones.

2.2.9 Radiación

La magnitud que describe la radiación solar que llega hasta nosotros (no toda la radiación llega a la superficie de la tierra). Es la potencia recibida por unidad de superficie. Se suele medir en W/m^2 (vatio sobre metro cuadrado) o unidades equivalentes. (Calderón, 2016)

2.2.10 Irradiación

Es la cantidad de irradiancia recibida en un lapso de tiempo determinado, es la potencia por tiempo recibida por unidad de superficie. Se suele medir en Wh/m^2 (vatio hora/metro cuadrado) o unidades equivalentes. (Calderón, 2016)

2.2.11 Hora Solar Pico (HSP)

Es una forma cómoda y simplificada de expresar la irradiación diaria, equivalente a las horas al día que la irradiación ha sido de 1000 W/m^2 . (Calderón, 2016)

2.2.12 Regulador de Carga.

Es un dispositivo electrónico encargado de proteger y garantizar el correcto mantenimiento de la carga de la batería y evitar sobretensiones que puedan destruirla. (Méndez J, Cuervo R, 2007)

2.2.13 Convertidor de CC a CA

Los convertidores de DC (corriente directa) a AC (corriente alterna) se conocen como inversores. La función de un inversor es cambiar un voltaje de entrada de DC a un voltaje de salida AC, con la magnitud y frecuencia deseadas.

En los inversores ideales, las formas de onda del voltaje de salida deberían ser sinusoidales. Los inversores reales no son sinusoidales y contienen ciertas armónicas.

Cuando una onda periódica no tiene forma sinusoidal se dice que tiene contenido armónico, lo cual puede causar alteraciones en el funcionamiento normal de los equipos que estén sometidos a esta tensión. (Arcila J, 2017)

El uso de los inversores es muy común en aplicaciones industriales tales (como la propulsión de motores de CA de velocidad variable, la calefacción por inducción, las fuentes de respaldo y las de poder, alimentaciones ininterrumpibles de potencia). (Montenegro, 2014)

Los convertidores se clasifican en:

- Inversores monofásicos
- Inversores monofásicos de medio puente
- Inversores monofásicos en puente Inversores trifásicos

2.2.14 Tipos de baterías para energía renovables

Hay diferentes tipos de baterías de plomo según el material de sus componentes. Para aplicaciones en sistemas fotovoltaicos y eólicos se usa en la gran mayoría baterías a base de plomo por su buena relación del precio por energía disponible. Este tipo fue inventado ya en 1859 por el francés Gastón Planté. (Delta Volt, 2016)

2.2.15 Baterías de Plomo



Figura 5-4: Batería de plomo

Fuente: <http://deltavolt.pe/energía-renovable/baterías>

La mayoría de las baterías de plomo se utilizan en autos y camiones. En los carros es la disponibilidad de mucha energía durante un tiempo muy corto, principalmente para arrancar el motor. Este alto flujo de amperes necesario se logra con capas de plomo delgadas.

En sistemas solares y eólicas las baterías acumulan y proveen energía sobre un tiempo relativamente largo y frecuentemente se descargan a niveles más bajos. Estas baterías de tipo ciclo profundo tienen capas de plomo gruesas que además brindan la ventaja de prolongar su vida. Estas baterías son relativamente grandes y pesadas por el plomo. Están compuestas de celdas de 2 voltios nominales que se juntan en serie para lograr baterías de 6, 12 o más voltios para aplicaciones especiales. (Delta Volt, 2016)

2.2.16 Peligros de baterías de plomo

El plomo es venenoso, se acumula en los huesos y con el tiempo causa graves daños en la salud especialmente en niños. Por esto se prohibió el uso de plomo en los combustibles y pinturas. Es importante tenerlas en lugares ventilados y asegurados para evitar accidentes por su contenido tóxico y agresivo, las baterías necesitan ser recicladas para no dañar la salud y el medio ambiente. (Delta Volt, 2016)

2.2.17 Vida de las baterías solares

La vida de las baterías se mide en la cantidad de ciclos de cargar y descargar que se determinan a cierta profundidad de descarga a una temperatura específica (normalmente a 20 o 25°C). Traducida en años, y asumiendo un ciclo por día, baterías de calidad en un ambiente normal, que no se descargan excesivamente y se carga correctamente, tienen una vida de por lo menos seis años, ocho a diez años es común y hay baterías industriales que después de 20 años todavía mantienen una capacidad de 80%. Aparte de la calidad de la fabricación y del tipo, la vida depende sobre todo de su manejo correcto.

Las baterías representan una de las partes más costosas en sistemas solares y eólicos no conectados a la red y son la única parte a reemplazar periódicamente. Su vida depende en gran parte de un manejo adecuado, afecta directamente la economía del sistema fotovoltaico. (Delta Volt, 2016)

2.2.18 Condiciones que afectan la vida de las baterías

La mayoría de baterías de carros viven menos de 200 ciclos si se descarga regularmente a 50% de su capacidad. Baterías líquidas de ciclo profundo (incluso las 'selladas') son capaces de 400 ciclos

de descarga, baterías de AGM (fibra de vidrio absorbente) y de Gel superan fácilmente 800 ciclos. Exponer las baterías a temperaturas elevadas o temperaturas bajas o descargarlas por completo acortan la vida útil de las baterías. (Delta Volt, 2016)

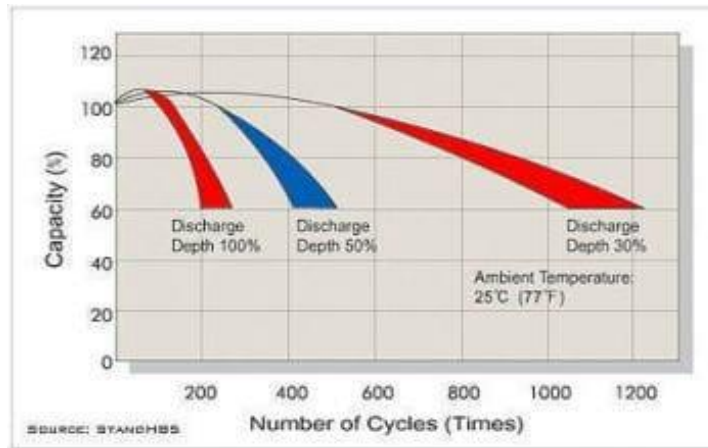


Figura 6-2: Descarga de las baterías

Fuente: <http://deltavolt.pe/energia-renovable/baterias>

Todas las baterías a base de plomo necesitan una buena alimentación (carga). Baterías de calidad, siempre llenas, sin sobrecargarlas, pueden funcionar sin problema 10 años o más. Si se descargan frecuentemente en forma profunda disminuyen su vida útil. La figura 6-2 muestra la profundidad de descarga versus el número de ciclos. Mantenerlos sin 'alimentación' (carga) sobre un tiempo prolongado es su fin.

En la práctica es importante instalar suficiente capacidad para no descargar las baterías a menos de 50% de su valor nominal. Tener suficiente capacidad de paneles solares o del aerogenerador instalada además tiene el importante beneficio de aumentar las reservas por ejemplo para los días con poco sol o viento y para situaciones de emergencias cuando de repente se necesita más luz. Entonces, dependiendo de la necesidad de electricidad, es importante calcular un balance óptimo para la capacidad instalada. A lo largo es económicamente más favorable invertir en buenas y suficientes baterías. (Delta Volt, 2016)

Años de vida de la batería

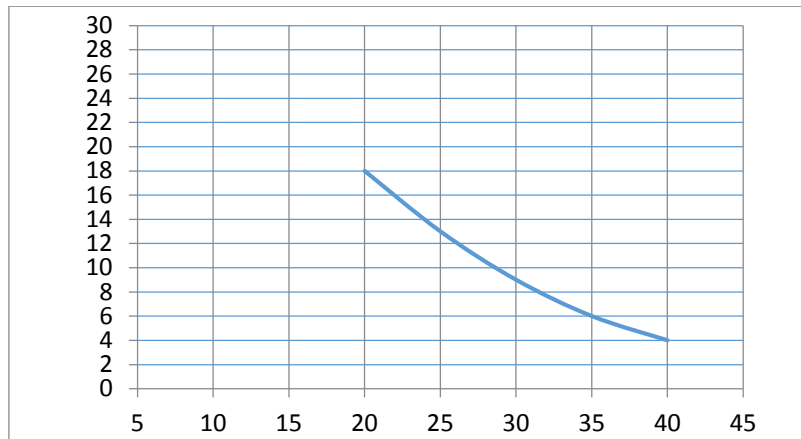


Figura 7-2: Vida útil de las baterías en relación a la temperatura y al tiempo

Fuente: <http://deltavolt.pe/energia-renovable/baterias>

La temperatura tiene gran influencia sobre la batería, las altas temperaturas como las bajas no son adecuadas: una temperatura entre 20 y 25°C es lo óptimo para una batería en uso.

A más alta temperatura, la vida es más reducida. Una temperatura 10 grados arriba de 25°C puede disminuir la vida útil de la batería a la mitad. La gráfica 7-2 ilustra este fenómeno.

Por otro lado, la capacidad de almacenar energía disminuye en temperaturas bajas, pero no reduce la vida. Entonces para una batería sin uso, es preferible mantenerla a una temperatura más baja, pero sin congelarla.

La temperatura también influye como cargar una batería. Con el aumento de la temperatura hay que disminuir el voltaje para evitar una gasificación, pero todavía asegurando una carga por completo. Por eso, todos los controladores buenos tienen una compensación de temperatura incorporada. Recordamos que una gasificación en baterías selladas (libre de mantenimiento) no es recuperable: el líquido se pierde por las válvulas sin tener la posibilidad de rellenarlas. (Delta Volt, 2016)

2.2.19 Eficiencia de Baterías Solares

La capacidad de las baterías varía según tipo, su calidad de construcción, la temperatura, vejez, y el estado de descarga. Una batería descargada con una corriente alta en poco tiempo tiene menos capacidad que la misma descargada con una corriente pequeña sobre un tiempo prolongado. Normalmente los fabricantes de baterías indican la capacidad de la batería descargada sobre 24 horas, pero algunos miden la capacidad hasta 100 horas (C100) y así indican un valor comparativo más alto de la competencia.

Más importante es la diferencia entre la cantidad de energía que entra en la batería (cargando) y la que es disponible en la batería (descargando). Esta eficiencia de Coulomb (también conocido

como eficiencia de Faraday) es en baterías normales de plomo entre 70 y 85%. Significa por ejemplo que de 100Ah usados para cargar la batería, solamente entre 70 y 85Ah son disponibles, el resto de la energía se pierde principalmente en calor y el proceso químico. Las baterías de buena calidad, sobre todo los de tipo AGM, pueden tener una eficiencia hasta 95%. Esta pérdida frecuentemente se olvida en la planificación de sistemas con baterías. (Delta Volt, 2016)

2.2.20 Tipos de Baterías de Plomo para Aplicaciones Solares

2.2.20.1 Baterías Liquidadas.

Son las más antiguas y su simple producción permiten precios favorables. Existen en versión abierta con tapas que dejan sustituir el agua o en versión 'libre de mantenimiento' que son cerradas, pero con válvulas para que posibles gases puedan escapar durante cargas excesivas (en la realidad no son libre de mantenimiento, son de bajo mantenimiento). Sus ventajas aparte de los precios es que son menos problemáticos si se sobrecargan. Las desventajas son que durante la carga escapa hidrógeno (explosivo), existe el peligro de perder el muy agresivo ácido, un control del nivel del agua es necesario (en las de 'libre mantenimiento' no se pueden sustituir el agua), y su corta vida típica de aproximadamente 400 ciclos de carga y descarga. Una ventilación es muy importante para estos tipos de batería y temperaturas bajo zero pueden destruirlas rápidamente. (Delta Volt, 2016)

2.2.20.2 Baterías tipo VRLA (Valve Regulated Lead Acid battery - Batería de ácido de plomo regulada por válvula).

Estas baterías modernas tampoco son completamente selladas, pero contienen una tecnología que re combinan el oxígeno hidrógeno que sale de las placas durante la carga y así eliminan la pérdida de agua si no son sobrecargadas. Estas baterías funcionan en cualquiera posición. Hay dos tipos principales: los de consistencia de Gel y los AGM (fibra de vidrio absorbente), donde el ácido es fijado en fibra de vidrio (AGM - absorbed glassmat). Ambas se pueden usar en temperaturas bajas. (Delta Volt, 2016)

2.2.20.3 Baterías de Gel

En estas baterías 'selladas', el ácido tiene la forma de gel. Su gran ventaja es que ya no hay un líquido que se puede perder, son cerradas y funcionan en cualquier posición. La corrosión es

reducida y son más resistentes a bajas temperaturas. Su vida es mucho mayor que la vida de las baterías líquidas y comparado con otras, son las menos afectadas en casos de descargas profundas. Las desventajas son una resistencia interna poco más alta que reduce el flujo máximo de la corriente, son algo más delicadas para cargar y llevan un precio mayor. Estas baterías, por su larga vida, se usan frecuentemente en la industria y la telecomunicación. (Delta Volt, 2016)



Figura 8-2: Baterías de gel

Fuente: https://www.damiasolar.com/actualidad/blog/articulos-sobre-la-energia-solar-y-sus-componentes_1

2.2.20.4 Baterías tipo AGM (Absorbed Glass Mat).

En estas baterías, desarrolladas inicialmente para la aviación, el ácido está fijado en fibras de vidrio (a veces se llaman baterías 'secas' por su reducida cantidad de ácido). Cada vez más se usan en sistemas solares y eólicos. Sus ventajas son una alta resistencia en climas fríos, su auto descarga sobre el tiempo es mínimo y tiene la eficiencia más alta de todas las baterías de plomo (hasta 95%). Tienen una baja resistencia interna que permite corrientes altas. Desventaja, aparte del precio, es su vulnerabilidad más alta a descargas profundas. La vida puede variar considerablemente según calidad. (Delta Volt, 2016)



Figura 9-2: Baterías de AGM

Fuente: <http://www.automa.solar/categoria-producto/baterias-solares-agm-gel-opz/bateria-agm-solar/>

Hay una tendencia de cada vez más usar las de tipo AGM por su buena relación de vida por precio y su manejo fácil con un peligro reducido. Las baterías tipo VRLA son las únicas del tipo plomo que se permite transportar en aviones.

Existen baterías líquidas tradicionales aptas para aplicaciones solares y eólicas de una excelente calidad con una vida extrema, que se usan frecuentemente en operaciones de alta exigencia (un ejemplo son las baterías tubulares que pueden alcanzar una vida de diseño hasta 25 años. (Delta Volt, 2016)

2.2.21 *HARDWARE*

2.2.21.1 *ARDUINO*

Arduino es una plataforma de prototipos electrónica de código abierto (open-source) basada en hardware y software flexibles y fáciles de usar. (Arduino.cl, 2017)

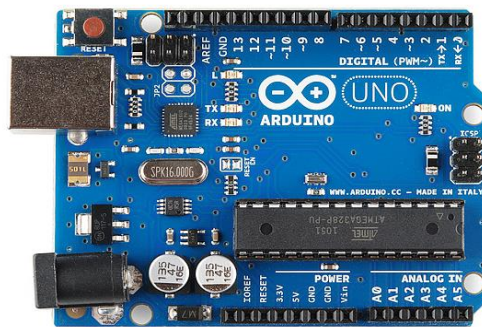


Figura10-2: Arduino

Fuente: <https://learn.sparkfun.com/tutorials/what-is-an-arduino>

Elaborado por: José Escobar 2017

2.2.21.2 *Características*

- Microcontrolador ATmega328.
- Voltaje de entrada 7-12V.
- 14 pines digitales de I/O (6 salidas PWM).
- 6 entradas analógicas.
- 32k de memoria Flash.

- Reloj de 16MHz de velocidad.

2.2.21.3 Multiplataforma

El software de Arduino se ejecuta en sistemas operativos Windows, Macintosh OSX y GNU/Linux. La mayoría de los sistemas micro controladores están limitados a Windows. (Arduino.cl, 2017)

2.2.21.4 Entorno de programación Simple y Claro

El entorno de programación de Arduino es fácil de usar para principiantes, pero suficientemente flexible para que usuarios avanzados puedan aprovecharlo también. Para profesores, está convenientemente basado en el entorno de programación Processing, de manera que estudiantes aprendiendo a programar en ese entorno estarán familiarizados con el aspecto y la imagen de Arduino. (Arduino.cl, 2017)

2.2.21.5 Código abierto y Software extensible

El software Arduino está publicado como herramientas de código abierto, disponible para extensión por programadores experimentados. El lenguaje puede ser expandido mediante librerías C++. (Arduino.cl, 2017)

2.2.21.6 Código abierto y Hardware extensible

El Arduino está basado en micro controladores ATMEGA8 y ATMEGA168 de Atmel. Los planos para los módulos están publicados bajo licencia Creative Commons, por lo que diseñadores experimentados de circuitos pueden hacer su propia versión del módulo, extendiéndolo y mejorándolo. Incluso usuarios relativamente inexpertos pueden construir la versión de la placa del módulo para entender cómo funciona y ahorrar dinero. (Arduino.cl, 2017)

2.2.21.7 Módulo GSM/GPRS (Global System for Mobile communications / General Packet Radio Service)

Esta tarjeta basada en el módulo SIM900 nos permite enviar y recibir llamadas y SMS y conectarnos a Internet, transformando nuestro Arduino en un teléfono móvil. EL GSM es el sistema de comunicaciones que más se utiliza en teléfonos móviles y es un estándar en Europa. (ArduinoGSMShieldV2, 2017)



Figura11-2: Gsm sim900

Fuente:<http://rees52.com/89-sim900-gprs-gsm-module-arduino-compatible.html>

Elaborado por: José Escobar 2017

2.2.21.8 ESPECIFICACIONES GSM/GPRS

- Totalmente compatible con Arduino
- Conexión con el puerto serial
- Quad-Band850/900/1800/1900Mhz
- GPRSmulti-slotclase10/8
- GPRS móvil estación clase B
- CompatibleGSMfase2/2+
- Clase4(2W(AT)850/900MHz)
- Clase1(1W(AT)1800/1900MHz)

- TCP/UP embebido
- Soporta RTC
- Consumo de 1.5ma (mili amperios)

2.2.22 *ELECTROVALVULAS*

Las electroválvulas cumplen la misma función que las válvulas manuales abrir y cerrar el paso de líquidos. A diferencia que las electroválvulas funcionan con DC o AC



Figura 12-2: Electroválvula

Fuente: <https://www.agroterra.com/riego-por-goteo/valvulas-y-accesorios.html>

Elaborado por: José Escobar 2017

Una electroválvula es una válvula electromecánica, diseñada para controlar el paso de un fluido por un conducto o tubería. La válvula se mueve mediante una bobina solenoide. Generalmente no tiene más que dos posiciones: abierto y cerrado, o todo y nada. (Danfoss, 2003)

CAPÍTULO III

3 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

3.1 Modalidad de la Investigación

La presente investigación tiene relación con elementos de orden teórico-conceptuales y con perspectivas analíticas-interpretativas, a partir de lo cual se recopilan, ordenan, e interpretan los datos y experiencias obtenidos durante el proceso investigativo, para luego convertirlos en aplicaciones tecnológicas que permitan implementar el sistema fotovoltaico en la provincia de Tungurahua en la parroquia Huachi Grande en el barrio Nueva Vida.

3.2 Tipos de Investigación

Respecto a los tipos de investigación, el presente estudio se caracteriza por ser:

- **Documental.** Se analizan artículos científicos, libros, revistas, para sustentar teóricamente la investigación.
- **Experimental.** La investigación se desarrolla caracterizando y poniendo en práctica, diversas aplicaciones tecnológicas a fin de identificar las variables que se adaptan a la investigación.

3.3 Métodos de investigación

La metodología que se aplicará en las siguientes fases de este proyecto corresponde al método científico. El método científico, es una forma ordenada y planificada, desarrollada y propuesta. Las características del método científico son: la observación, el planteamiento del problema y de la hipótesis, la solución del problema y las conclusiones. Los aspectos descriptivo y explicativo, y los métodos de investigación a utilizar son los de análisis y de síntesis.

Esta investigación se basa en el método de estudio de caso, con un proceso de tipo descriptivo y analítico, con la utilización de herramientas de diagnóstico participativo, cualitativo y cuantitativo.

3.4 Técnicas e Instrumentos de recolección de datos.

Durante el desarrollo del presente estudio se utilizan como técnicas:

- **Observación directa y participante.**

Es puesta en práctica durante todo el proceso investigativo, el investigador forma parte activa en la solución de la problemática identificada.

- **Entrevista**

Se aplica a experiencias antes realizadas en la materia a fin de conocer sus puntos de vista y sus experiencias con las diversas aplicaciones tecnológicas en la implementación y puesta en funcionamiento de los sistemas fotovoltaicos.

3.5 Diseño del proyecto

- Obtención de datos de la estación meteorológica del INAMHI
- Obtención de mapas solares globales del Ecuador de CONELEC.
- Análisis y estudio de los datos obtenidos para la factibilidad del proyecto.
- Cálculos para el diseño del sistema fotovoltaico.
- Implementación del diseño fotovoltaico.
- Estudio de los diferentes dispositivos electrónicos para automatizar el sistema de riego.
- Implementación de sistema de automatización para el riego.
- Etapa de prueba del sistema fotovoltaico y del sistema de control de riego.
- Depuración del sistema fotovoltaico y de control.

A continuación, diagrama del diseño

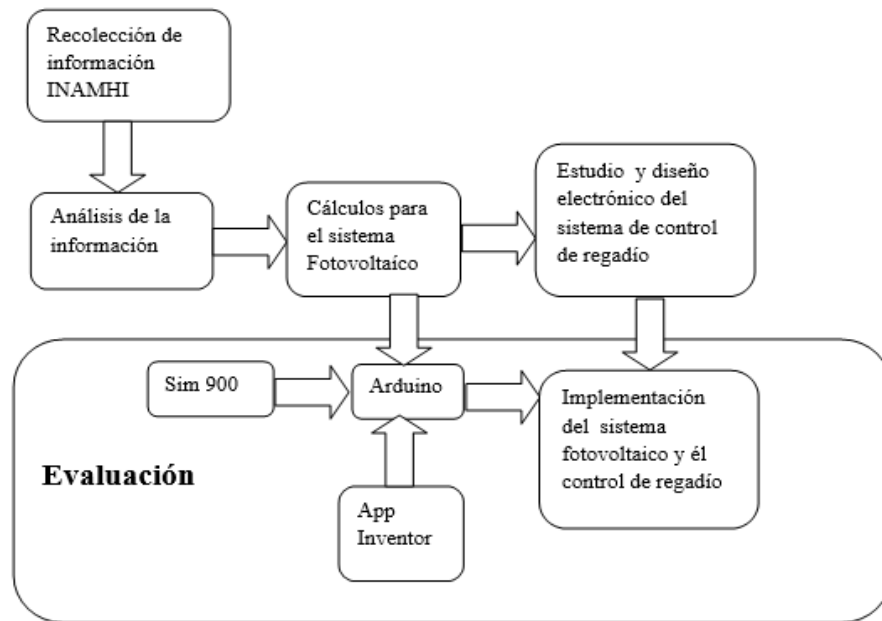


Figura 1-3: Diagrama del diseño y evaluación

Elaborado por: José escobar

Implementar un sistema fotovoltaico años atrás era muy costoso por los precios elevados de los paneles solares. Hoy en día hay muchas empresas dedicadas a la fabricación de paneles solares y sus precios han bajado significativamente haciendo posible la construcción de plantas solares en todo el mundo.

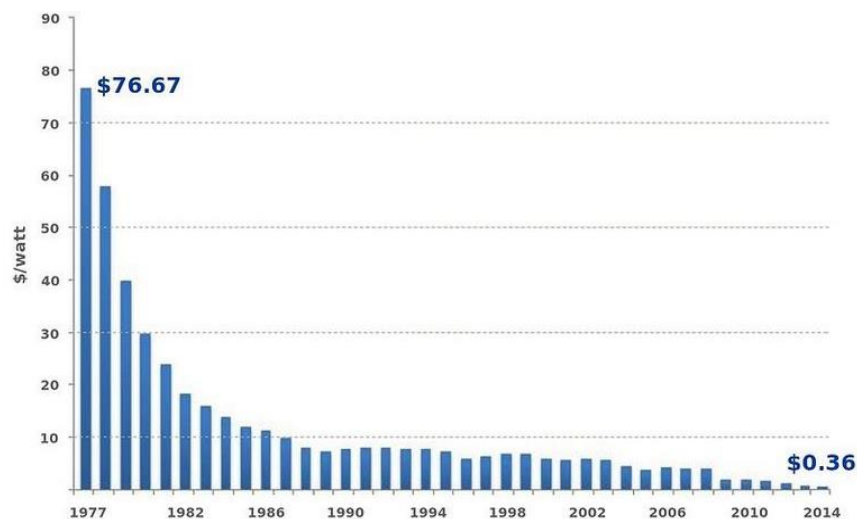


Figura2-3: Precio de los Paneles Solares

Fuente:<http://eliseosebastian.com/precios-paneles-solares-fotovoltaicos/>

Elaborado por: José Escobar 2017

3.6 Hidroeléctricas del Ecuador

Según el semplades en la figura 3-3 se muestran las hidroeléctricas que están en operación y las hidroeléctricas en construcción y las que están en finalización de construcción

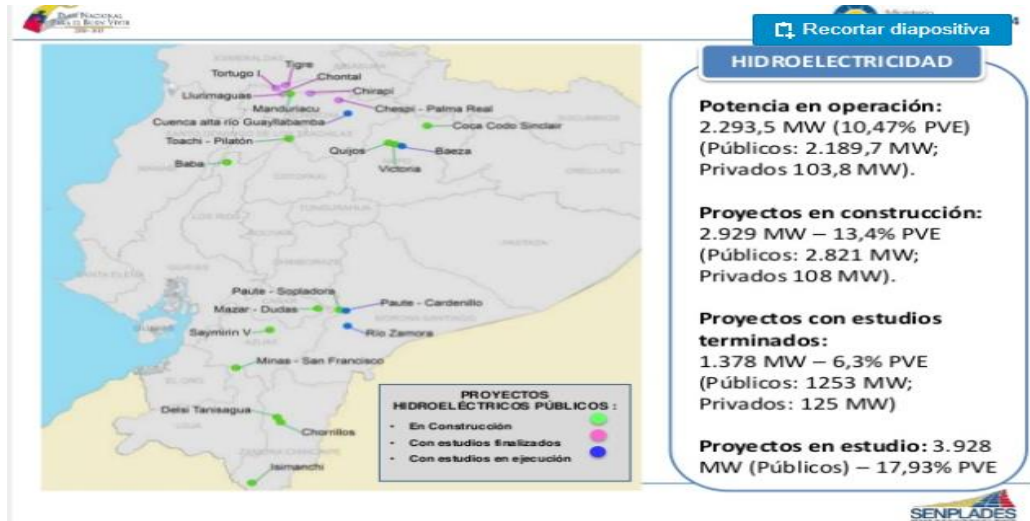


Figura 3-3: Proyectos eléctricos del Ecuador

Fuente: <https://es.slideshare.net/PresidenciaEc/1-presentacin-recursos>

En la gráfica4-3 se puede observar el potencial eléctrico del Ecuador

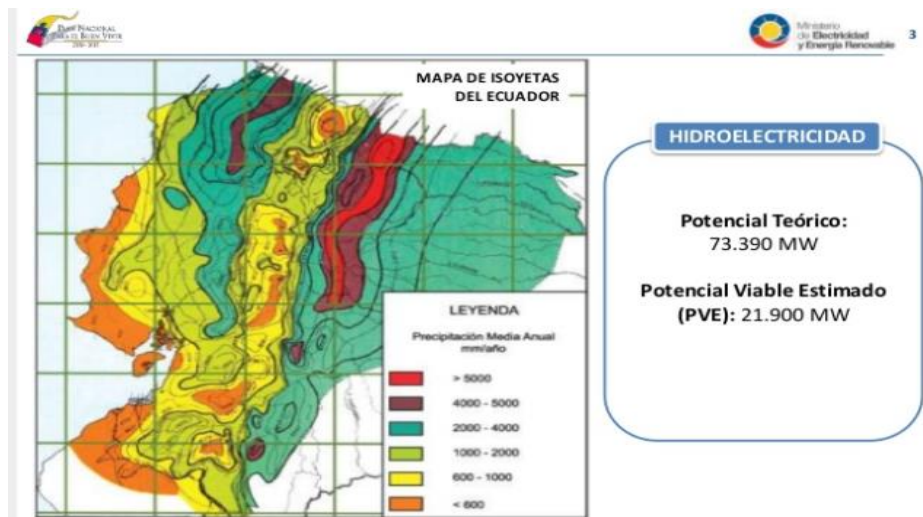


Figura 4-3: Potencial eléctrico del Ecuador

Fuente: <https://es.slideshare.net/PresidenciaEc/1-presentacin-recursos>

3.7 Energía solar en el Ecuador

Ecuador se encuentra en una ubicación privilegiada en cuanto a radiación solar, debido a que la línea ecuatorial que divide al planeta en dos hemisferios lo atraviesa, siendo casi perpendicular la radiación que recibe. Además, esta no varía durante el año y se tiene un ángulo de incidencia constante, características que dan a la energía solar fotovoltaica un gran potencial de aprovechamiento. (El telégrafo, 2017).

La información de mapas solares se tomó como fuente CONELEC que funcionó hace algunos años atrás, pero se ha tomado como referencia.

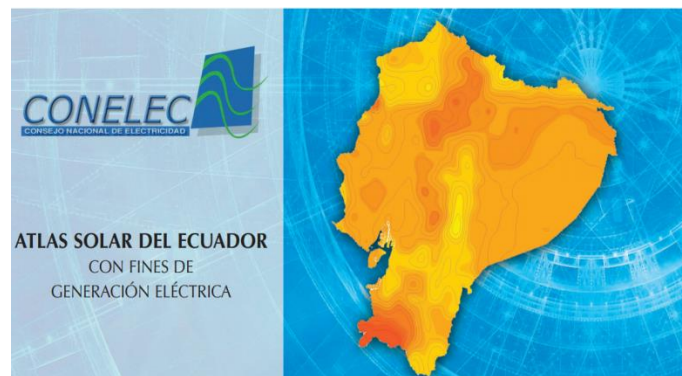


Figura 5-3: Atlas solar del Ecuador

Fuente: <https://www.yumpu.com/es/document/view/49135923/atlas-solar-del-ecuador-con-fines-de-generacion-elacctrica-conelec>

La gráfica 6-3 corresponde a la insolación solar donde nos indica en que parte del Ecuador recibe más radiación solar.

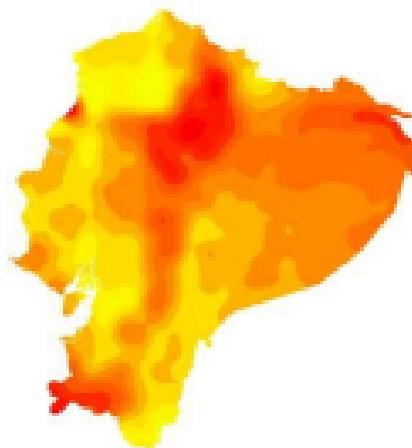


Figura 6-3: Radiación solar del Ecuador

Fuente: <https://es.slideshare.net/willburn/anteproyecto-de-tesis-exposicion>

En la figura 7-3 se muestra la radiación solar mundial de países privilegiados con alta radiación. Entre ellos el Ecuador con un promedio de (2200- 2500) Wh/m^2

3.8 Mapa de radiación solar mundial

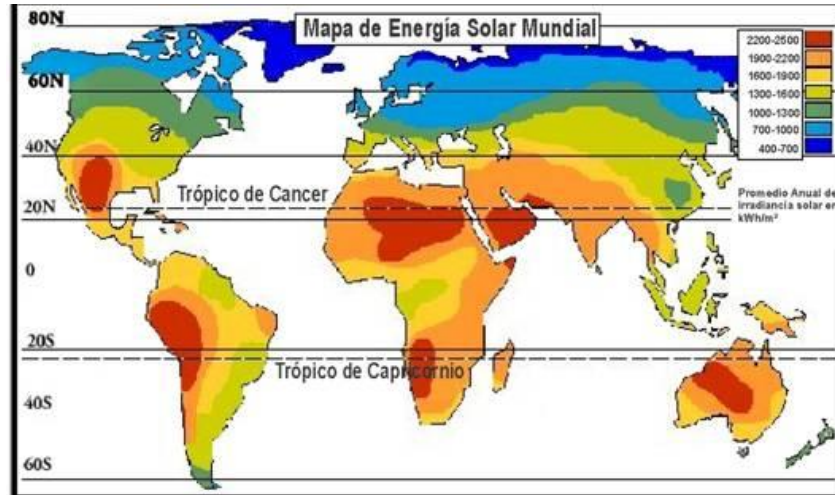


Figura 7-3: Mapa de Energía solar Mundial

Fuente:<http://eliseosebastian.com/radiacion-solar-irradiancia-e-insolacion/n>

3.9 Mapa de Energía solar difusa promedio del Ecuador

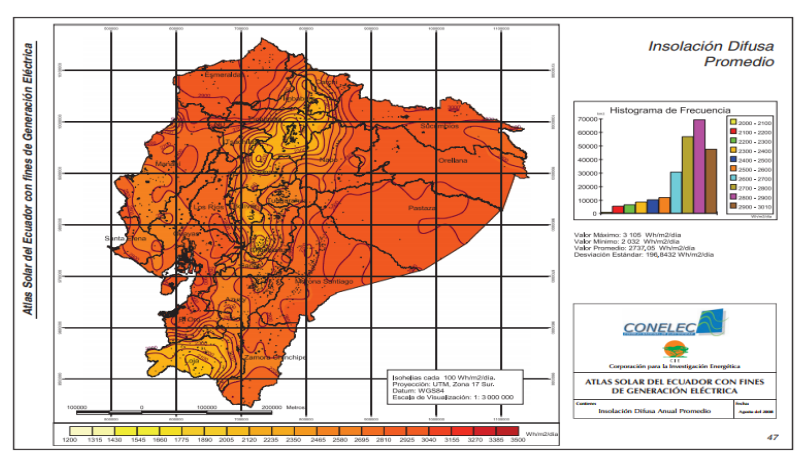


Figura 8-3: Mapa de Energía solar difusa del Ecuador

Fuente:<http://eliseosebastian.com/radiacion-solar-irradiancia-e-insolacion/n>

En la figura 9-3 en Tungurahua se puede apreciar que hay un promedio de $2,7 \text{ Kwh/m}^2 / \text{dia}$.

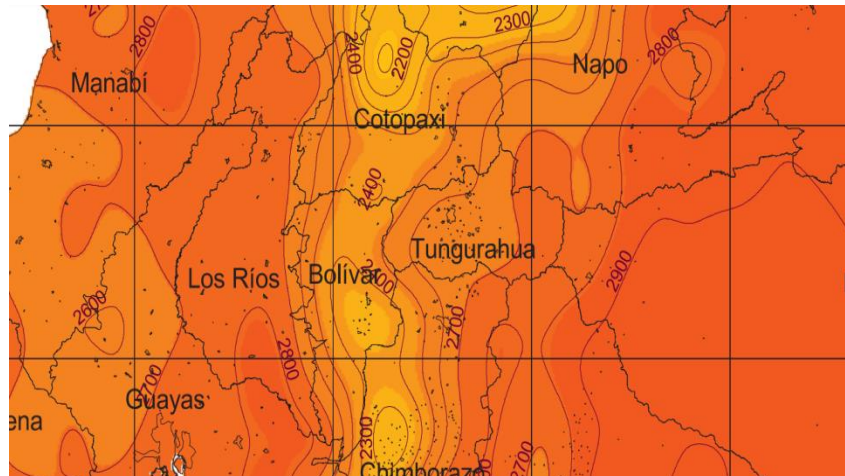


Figura 9-3: Mapa ampliado de radiación solar difusa del Ecuador

Fuente: <http://eliseosebastian.com/radiacion-solar-irradiancia-e-insolacion/n>

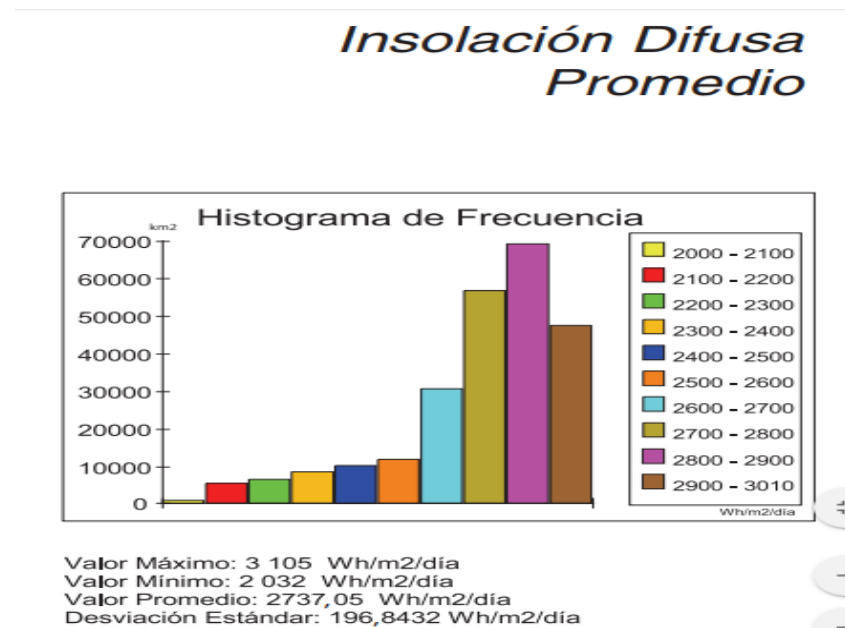


Figura 10-3: Histograma mapa de radiación solar difusa del Ecuador

Fuente: <http://eliseosebastian.com/radiacion-solar-irradiancia-e-insolacion/n>

3.10 Insolación solar directa

En la figura 11-3 se muestra el mapa de insolación solar directa promedio.

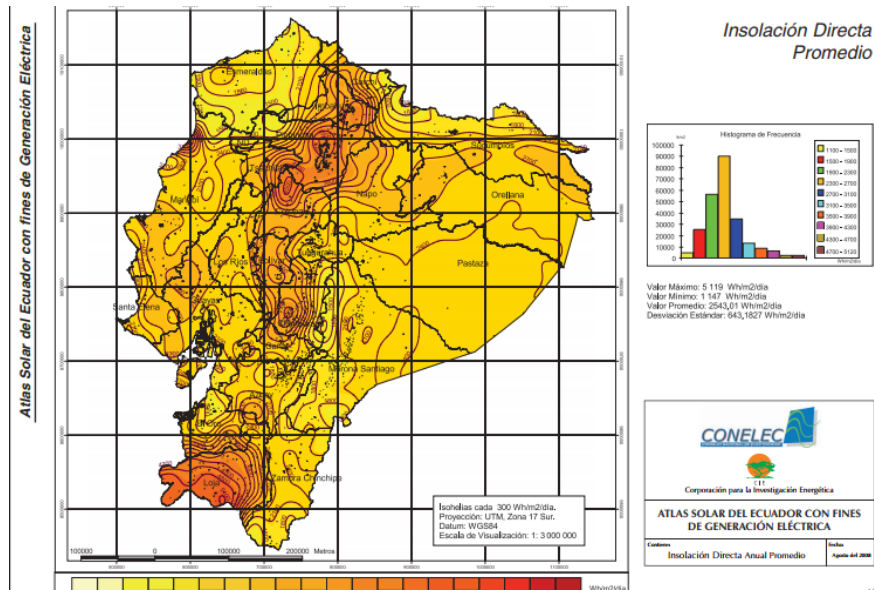


Figura 11-3: Mapa de Radiación solar Directa del Ecuador

Fuente: <https://es.slideshare.net/PresidenciaEc/1-presentacin-recursos>

Mapa ampliado de la figura 11-3 se observa que tiene un promedio de $2100 \text{ Kwh/m}^2/\text{día}$.

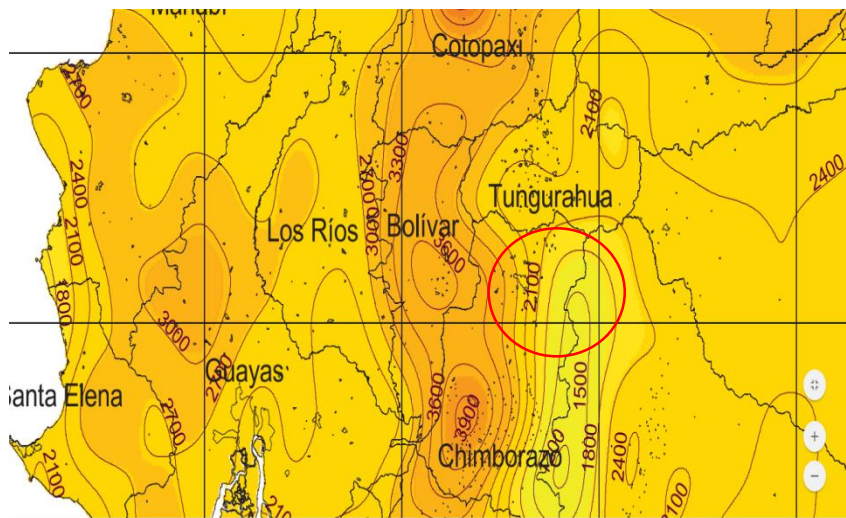


Figura 12-3: Mapa ampliado de radiación solar Directa del Ecuador

Fuente: <http://eliseosebastian.com/radiacion-solar-irradiancia-e-insolacion/n>

Insolación Directa Promedio

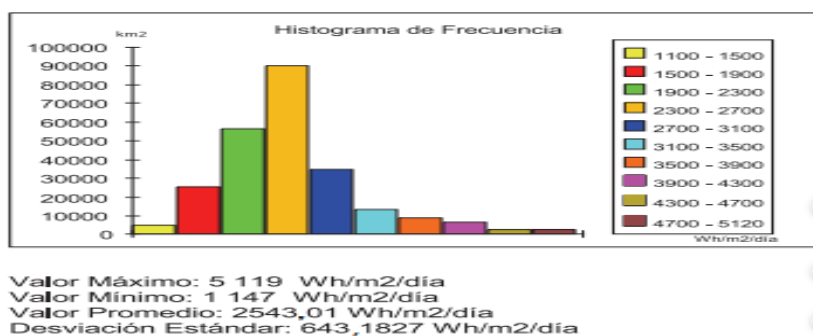


Figura13-3: Histograma mapa de radiación solar directa del Ecuador

Fuente:<http://eliseosebastian.com/radiacion-solar-irradiancia-e-insolacion/n>

3.11 Mapa de radiación solar global

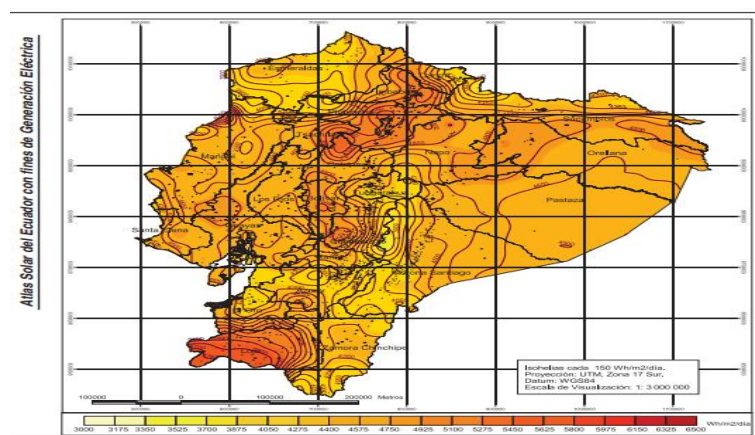


Figura 14-3: Mapa de radiación solar global del Ecuador

Fuente:<http://eliseosebastian.com/radiacion-solar-irradiancia-e-insolacion/n>

Mapa solar global del Ecuador ampliado en la figura 15-3 se puede observar 4200 Kwh/m²/día.

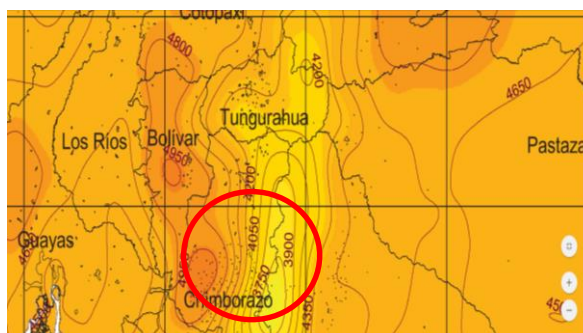


Figura 15-3: Mapa ampliado de radiación solar global del Ecuador

Fuente:<http://eliseosebastian.com/radiacion-solar-irradiancia-e-insolacion/n>

Insolación Global Promedio

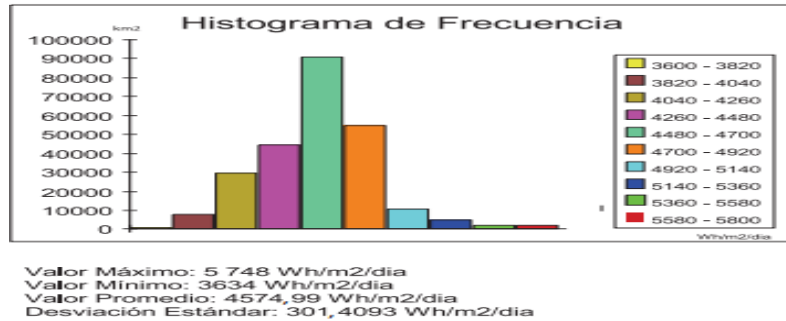


Figura 16-3: Histograma mapa de radiación solar global del Ecuador

Fuente: <http://eliseosebastian.com/radiacion-solar-irradiancia-e-insolacion/n>

3.12 Datos de las estaciones meteorológicas.

Se obtuvo información del INAMHI institución pública que tienen estaciones meteorológicas en todo el país. Y la estación más cercana a nuestra área de implementación es la estación de Querochaca ubicada en el cantón Cevallos específicamente en la universidad técnica de Ambato.

COD	COD.NVO.	NOMBRE	TIPO	LATTUD	LONGITUD	ELEVACION	PROVINCIA
1	M258	M0258	QUEROCHACA	CP	01 22 01.56 S 78 36 19.94 W	2865 msnm	TUNGURAHUA
2	MA1Y	M1069	CALAMACA CONVENIO	CP	01 16 33.73 S 78 49 7.85 W	3402 msnm	
3	M126	M0126	PATATE	CO	01 18 31.1 S 78 30 33.2 W	2220 msnm	
4	M127	M0127	PILLARO	CO	01 10 20.69 S 78 33 17.84 W	2793 msnm	
5	M128	M0128	PEDRO FERMIN CEVALLOS	CO	01 21 22.14 S 78 36 45.84 W	2910 msnm	
6	MB1L	M1243	CUNCHIBAMBA	CO	01 8 1.09 S 78 35 52.82 W	2688 msnm	
7	M029	M0029	BAÑOS	PV	01 23 29.5 S 78 25 12.74 W	1783 msnm	
8	M376	M0376	PILAHUIN	PV	01 18 6.5 S 78 43 55.7 W	3314 msnm	
9	M377	M0377	TISALEO	PV	01 20 52.2 S 78 40 7.8 W	3266 msnm	
10	M378	M0378	RIO VERDE	PV	01 24 12.5 S 78 17 56.1 W	1529 msnm	
11	M380	M0380	HUAMBALO	PV	01 23 25.4 S 78 31 51.5 W	2880 msnm	
			CP= 2 /CO= 4 /PV = 5	11			

Figura 17-3: Estaciones Meteorológicas en Tungurahua

Fuente: <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/red-de-estaciones-meteorologicas/>

En el Ecuador se cuenta con estaciones meteorológicas distribuidas por todo el país estaciones pertenecientes a la institución pública INAMHI.



Figura 18-3: Mapa de estaciones meteorológicas del Ecuador

Fuente:<http://www.serviciometeorologico.gob.ec/red-de-estaciones-meteorologicas/>

3.13 Ubicación del barrio nueva Vida en Huachi Grande.

En este sector a 2865 msm(metros sobre el nivel del mar) se realizó la implementación del proyecto ubicado a 8.7 km de la estación meteorologica de querochaca .La zona tiene una temperatura promedio de 22°C y 7°C como mínima, con una humedad relativa promedio de 79% y una presión atmosférica de 727,7 hPa(hecto pascales).

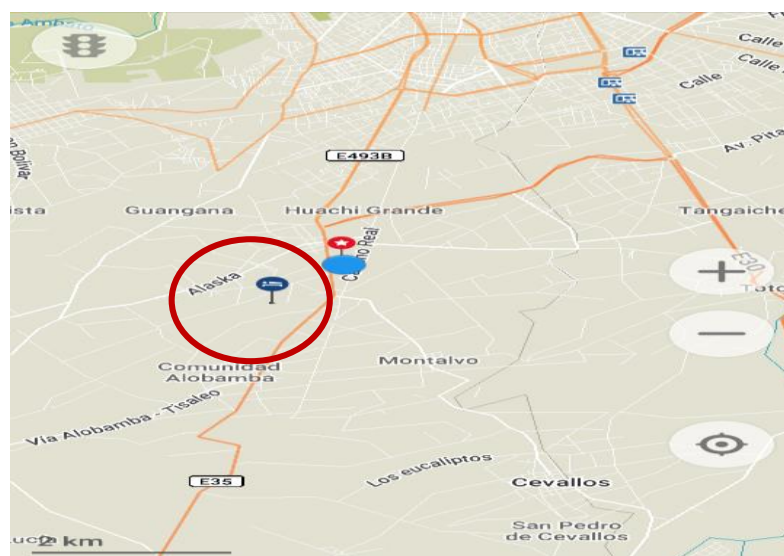


Figura 19-3: Mapa del Barrio Nueva vida en Huachi Grande

Fuente:<http://www.lahistoriaconmapas.com/atlas/country-map04/ecuador-map-google-earth.htm>

Ubicación visual del sector de Huachi Grande con relación a la estación meteorológica de Querochaca

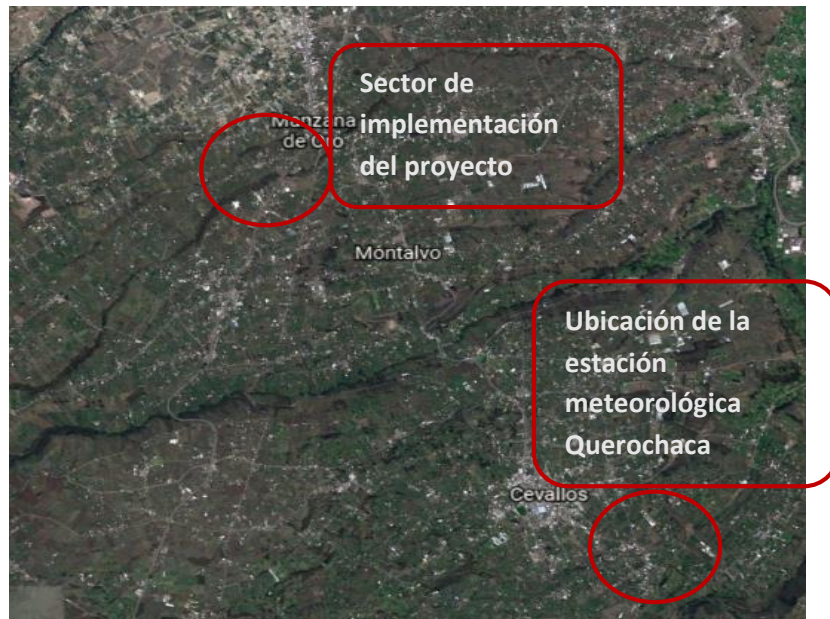


Figura 20-3: Ubicación del barrio Nueva Vida de la Parroquia Huachi Grande con relación a la estación meteorológica de Querochaca

Fuente:<http://www.lahistoriaconmapas.com/atlas/country-map04/ecuador-map-google-earth.htm>

Mapa del barrio nueva vista desde el satélite. Con Latitud latitud -1.3190 y longitud -78.6419 y tiene una altura de 2865 metros sobre el nivel del mar

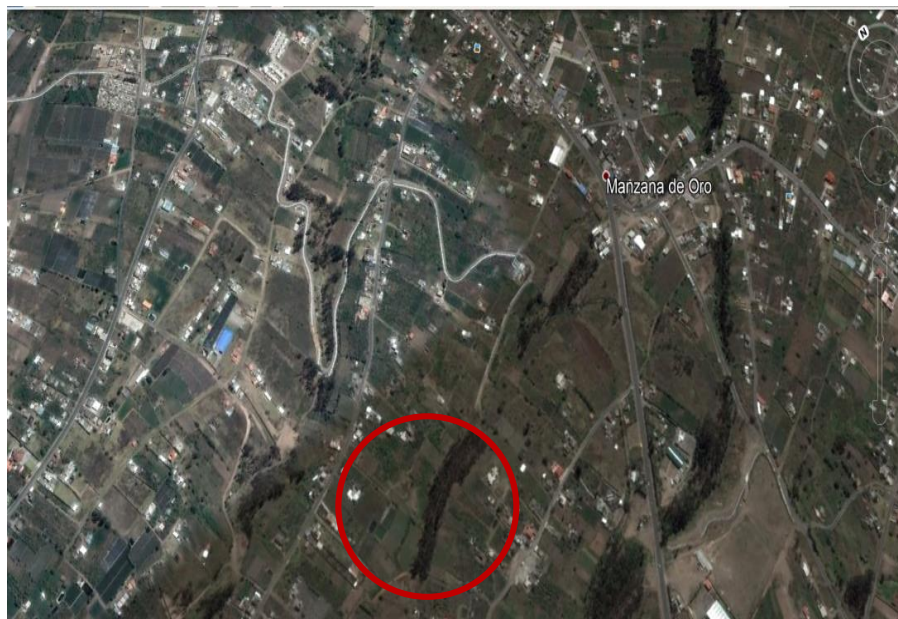


Figura 21-3: Mapa del barrio Nueva Vida de la Parroquia Huachi Grande, vista desde el satélite.

Fuente:<http://www.lahistoriaconmapas.com/atlas/country-map04/ecuador-map-google-earth.htm>

3.14 Estación Meteorológica Querochaca Cevallos

En la estación meteorológica de Querochaca se obtuvo los datos de heliofanía, humedad máxima y mínima, precipitación, temperatura máxima y mínima.



Figura 22-3: Estación metrológica en Querochaca del cantón Cevallos

Fuente:<http://rrnn.tungurahua.gob.ec/red/estaciones/estacion/530b84ed74daaf23bce53ced>

3.15 Heliofanía o duración del brillo solar

La heliofanía representa la duración del brillo solar u horas de sol, y está ligada al hecho de que el instrumento utilizado para su medición (heliofanógrafo), registra el tiempo en que recibe la radiación solar directa. La ocurrencia de nubosidad determina que la radiación recibida por el instrumento sea radiación solar difusa (Mejía J, 2015)

Por lo tanto, si bien hay energía incidente disponible, la concentración o densidad de la misma no es suficiente para ser registrada.

A pesar de lo expresado, la duración del brillo solar está muy relacionada con la radiación solar global incidente. Esto es importante dado que se logra caracterizar una localidad sobre la base de registros históricos de este tipo de instrumentos (heliofanógrafo) dado que estos son económicos, robustos y requieren mínimo mantenimiento. (Hidalgo A, 2012)

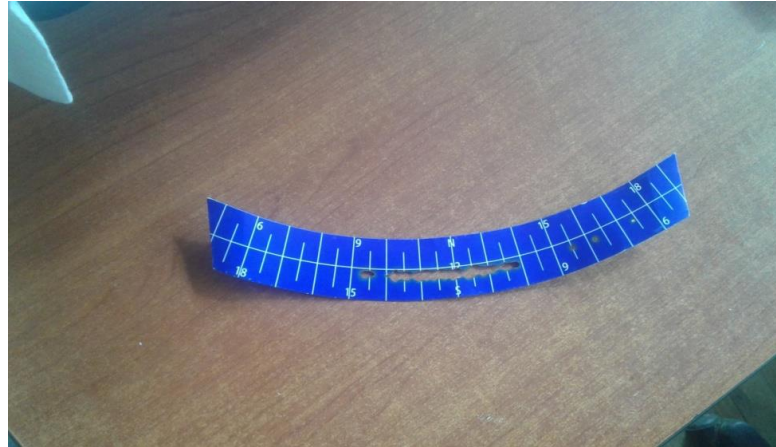


Figura 23-3: Heliofanía (horas que quema el sol)

Fuente: Inamhi

Elaborado por José escobar

3.16 Heliofanía Relativa

El valor de heliofanía relativa se calcula dividiendo la duración del brillo solar (horas de sol) por la cantidad de horas de sol posibles para la localidad específica de cada Estación Experimental. Las horas de sol posibles surgen de valores de tabla y son constantes para cada latitud y día del año.

Datos Meteorológicos	2016											
	En	feb	mar	abr	ma	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
Temperatura media de las máximas	21.4	21.1	18.2	19	18	15.5	15.7	17	17.7	20.1	22	20.5
Temperatura media de las mínimas	8.8	10.0	10.5	10	9.2	8.8	8.27	7.6	7.55	8.44	8	8.66
Temperatura media (máxima + mínima / 2)	15.1	15.5	14.3	15	14	12.1	12	12	12.6	14.3	15	14.6
Heliofanía (horas)	144.4	160.6	82.1	144	146	86.5	115	131	107	132	202	143
Nubosidad	6.4	5	6	5.7	5.7	6.84	6.57	6.1	6.0	5.8	4.8	5.99

Tabla 1-3: Resumen de toma de datos del año 2016

Fuente: INAMHI

Elaborado por: José Escobar 2017

En la gráfica24-3 se puede observar los meses de febrero y junio son días que hay menos sol y están entre los peores meses que hay pocas horas sol y en el mes noviembre es el mes con mayor horas sol.

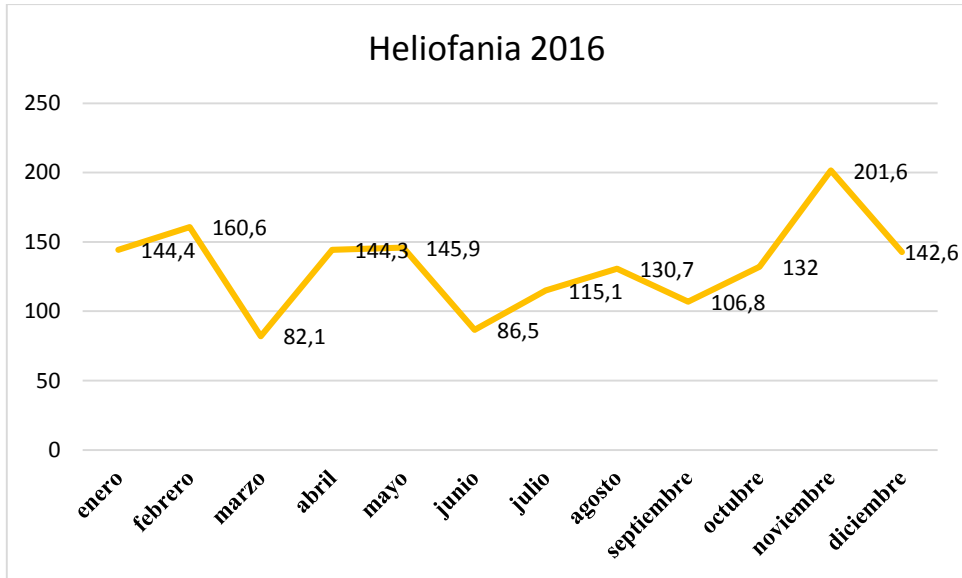


Figura 24-3: Grafica de Heliofania del año 2016

Fuente: Inamhi

Elaborado por: José Escobar 2017

La temperatura influye bastante en el funcionamiento de las baterías. En el año 2016 la temperatura más alta fue de 21,6 grados centígrados y la más baja de 7,5 grados centígrados

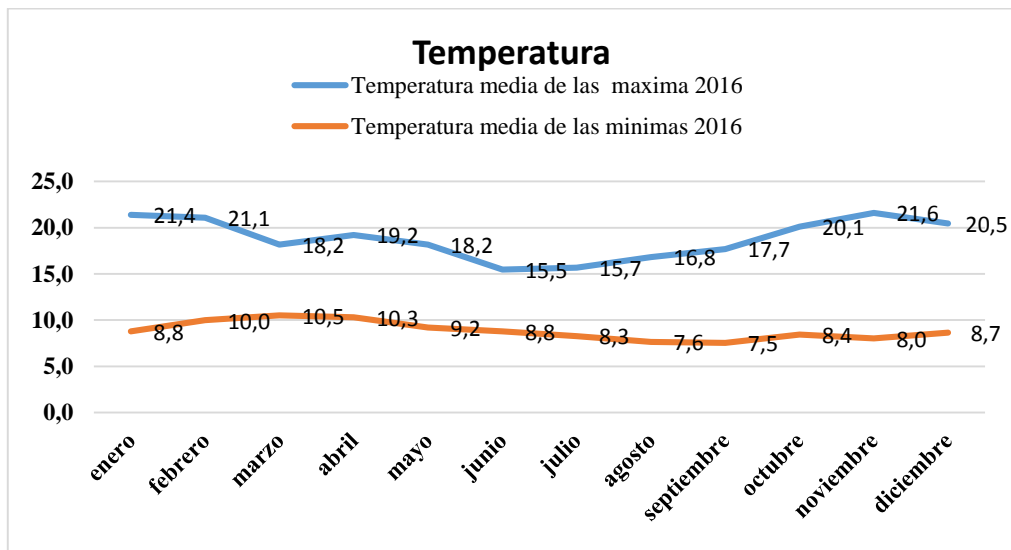


Figura 25-3: Grafica de la temperatura máxima y mínima del año 2016

Fuente: Inamhi

Elaborado por: José Escobar 2017

La nubosidad más alta en el año 2016 fue en los meses de enero, junio, julio

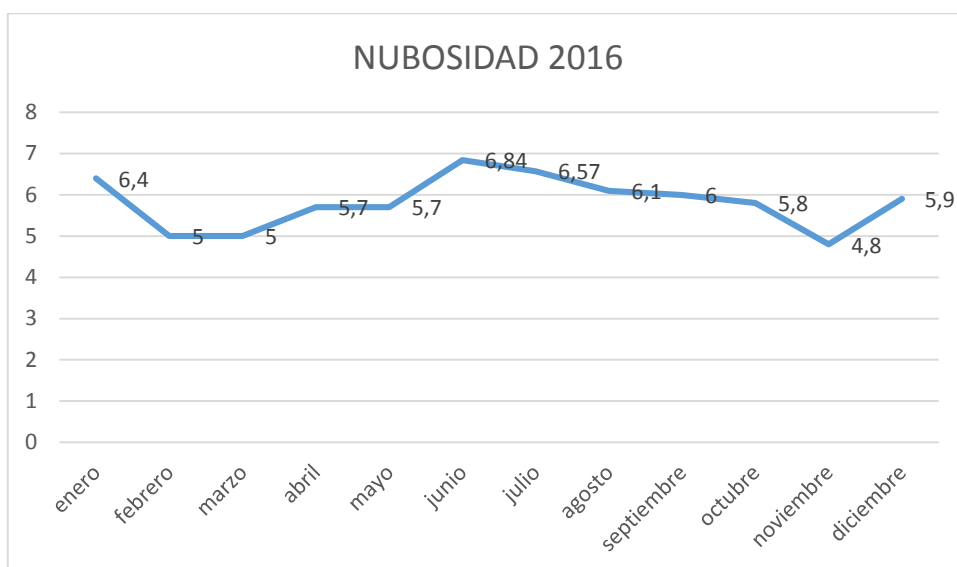


Figura 26-3: Nubosidad del año 2016

Fuente: Inamhi

Elaborado por: José Escobar 2017

En la tabla 2-3 se muestra los datos de temperatura máxima y mínima, heliofania y nubosidad, del año 2017 adquirido de la estación meteorológica de Querochaca perteneciente al INAMHI.

Datos Meteorológicos	2017											
	en	feb	mar	Abr	may	jun	jul	ago	septi	oct	nov	dic
Temperatura media de las máximas	18.8	18.8	18.5	18	18	17.6	15.2	17	17.3	18.5	20.3	19.4
Temperatura media de las mínimas	8.8	8.9	9.02	9.3	9.1	8.48	7.35	7.3	7.88	7.97	8.6	8.7
Temperatura media (máxima + mínima / 2)	13.8	13.9	13.8	14	14	13.1	11.3	12	12.6	13.3	14.4	14.5
Heliofania (horas)	131	103	86.8	117	105	131	126	145	124	93.6	163.6	141.6
Nubosidad	6.39	6.82	6.7	6.6	6.3	6.1	6.39	6	5.98	6.12	6	7

Tabla 2-3: Resumen de toma de datos del año 2017

Fuente: INAMHI

Elaborado por: José Escobar 2017

En el año 2017 el mes de marzo fue el mes con menos horas sol o heliofania

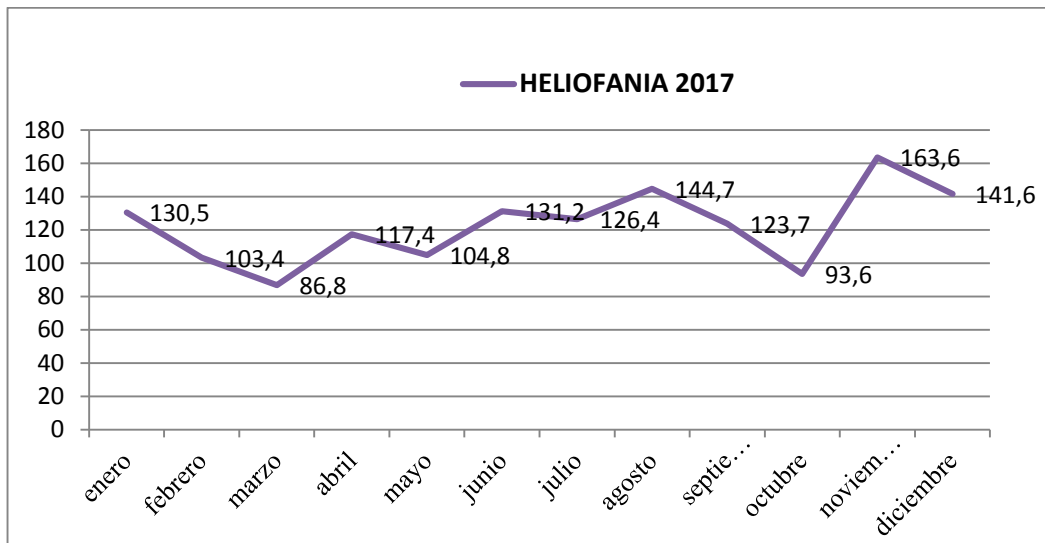


Figura27-3: Heliofania del año 2017

Fuente: Inamhi

Elaborado por: José Escobar 2017

La temperatura mínima en el mes de septiembre es de 7,3 grados centígrados y la temperatura máxima de 20,3 grados centígrados. La temperatura del funcionamiento de las baterías esta entre 20 y 25 grados centígrados, y a temperaturas de congelamiento disminuyen la capacidad de almacenar energía, pero en la zona la temperatura está en el rango de 7,3 a 20.3 grados centígrados que es óptima para el almacenamiento de energía en las baterías.

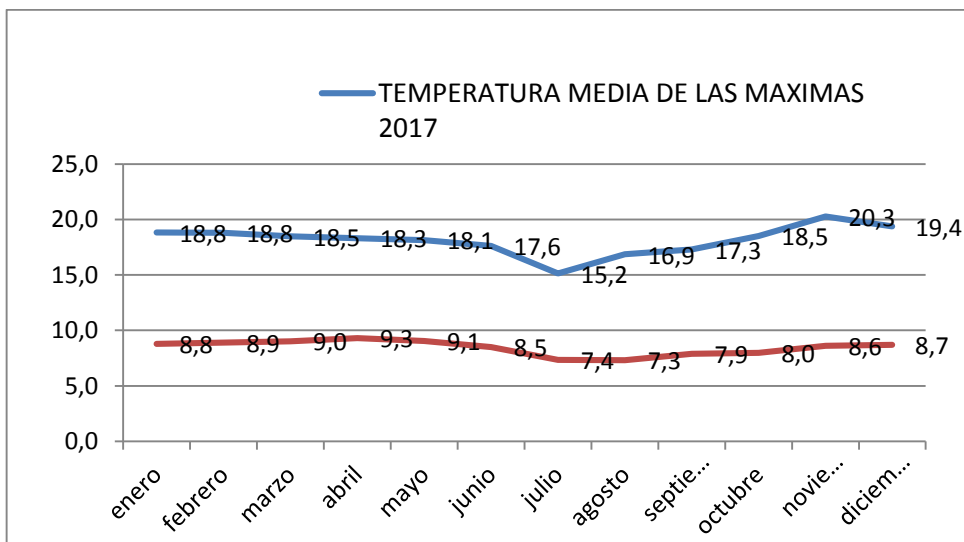


Figura 28-3: Temperaturas promedios del año 2017

Fuente: Inamhi

Elaborado por: José Escobar 2017

En el mes de febrero la nubosidad fue muy alta (6,8).

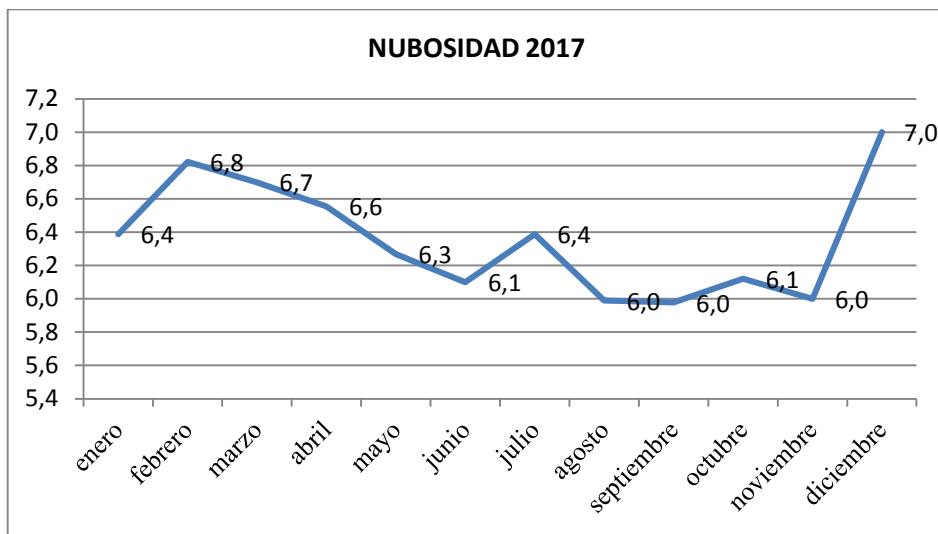


Figura 29-3: Nubosidad promedio 2017

Fuente: Inamhi

Elaborado por: José Escobar 2017

En el proyecto se utilizó los siguientes paneles solares de 300 Watts poli cristalino.

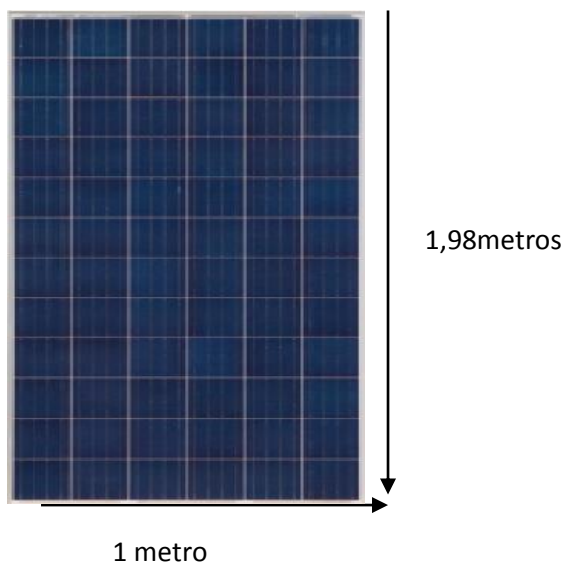


Figura 30-3: Panel solar

Fuente: Captura de pantalla

Elaborado por: José Escobar 2017

3.17 Características de los paneles solares de la empresa ENERCITY



Figura 31-3: Características del panel solar

Fuente: Captura de pantalla

Elaborado por: José Escobar 2017

3.18 Regulador de Voltaje de marca Y solar

El regulador trabaja con voltajes de operación de 12V y 24 Voltios



Figura 32-3: Regulador de voltaje. Y-Solar Controlador de Carga Solar 30A/50A 12 V 24 V

Fuente: [http://www.wtfaccessories.com/images/detailed/3/WP5024D_\(4\).jpg](http://www.wtfaccessories.com/images/detailed/3/WP5024D_(4).jpg)



Figura 33-3: Regulador de voltaje rango de operación

Fuente: Captura de pantalla

Elaborado por: José Escobar 2017

3.19 Descripción del producto

El controlador es una nueva serie de controladores inteligentes de carga solar multiusos. Su innovador diseño estructurado hace que sea fácil de instalar y de mejor fiabilidad, optimizando la carga y descarga de gestión que permite la vida útil de baterías. (wtfaccessories, 2017)

3.20 Etapa de carga a granel

Carga a granel es la primera etapa en el proceso de carga. En esta etapa de carga, el controlador entrega el 100% de la energía solar para recargar la batería y tratando de conseguir el voltaje de la batería hasta el voltaje de absorción de ajuste. (wtfaccessories, 2017)

3.21 Carga de flotación

Después de que la batería está completamente cargada en la etapa de absorción, el controlador reduce la tensión de la batería de la tensión de flotación de consigna. Cuando la batería está completamente cargada, no puede haber más reacciones químicas y toda la corriente de carga se convierte en calor y gases. La etapa de flotación proporciona una baja tasa de carga de mantenimiento y reduce el calentamiento y evaporación de gases de la batería cuando está completamente cargada. (wtfaccessories, 2017)

Tabla de parámetros del Regulador de Voltaje

Modelo	WP3024D	
Entrada Solar	Voltaje de entrada	< = 50 V
	corriente nominal De Entrada	30A
	Circuito de carga/Tensión de Bucle	< = 0.2 V/0.25 V
batería	Tensión del sistema	12 V 24 V Auto
	ninguna pérdida De Carga	< = \$ (Blacklight off)
	Tipo De batería	sellado de GEL de Inundación, usuario
	Modo Charing	3 etapa (A Granel, AbsorbptionFloat), PWM
	Tensión de flotación	13.8 V (12 V-15 V)
	Absorción voltaje	14.4 V (12 V-15 V)
	Temperatura de compensación	-4mv/cell/° C
carga	carga nominal current	30A
	gota del lazo de descarga	< = 0.10 V/0.12 V
	desconexión por bajo voltaje	10.7 V (10 V ~ 14 V)
	re conexión de baja tensión	12.6 V (10 V ~ 14 V)
	sobre voltaje de desconexión	16 V
relacionados	hombre-máquina interface	LCD con luz de fondo blanca, 3 botones de gel de sílice rojo
	Max tamaño del cable	16mm2 (AWG 5 #)/25 mm2 (AWG #3)
	temperatura de trabajo	-20 ° C-+ 55 ° C
	temperatura de almacenamiento	-30 ° C + 70 ° C
	humedad de trabajo	10% ~ 90% sin condensación
	dimensión	187*98.5*49.5mm
	peso	370g
	funda de Protección	IP30

Tabla 3-3: Características del regulador de voltaje SKU: WP3024D/WP5024D

Fuente: <http://www.wtfaccessories.com>

3.22 Batería estanca GEL Ciclo Profundo 100Ah 12V Energía solar

En el proyecto se utilizó estas baterías tipo gel por las prestaciones que presenta, como son:

- Voltaje nominal 12 Voltios

- Temperatura de operación ($3^{\circ}\text{C} - 25^{\circ}\text{C}$)
- No requiere mantenimiento
- Batería de descarga profunda
- Se puede colocar en cualquier posición porque el ácido está en forma de gel
- Vida útil 15 años



Figura 34-3: Batería de gel SN12100

Fuente: Captura de pantalla

Elaborado por: José Escobar 2017

Esta batería de GEL de ciclo profundo es un gran complemento donde se requiera un sistema sin mantenimiento, o las regulaciones ambientales ordenen su uso. El diseño robusto hace que estas baterías de gel de ciclo profundo sean ideales para su uso en entornos sensibles a la salud y la seguridad, como escuelas, hospitales, aeropuertos y edificios de oficinas. Las baterías GEL de ciclo profundo son tolerantes a la baja temperatura, resistentes a golpes y vibraciones y tienen una baja resistencia interna para una mayor corriente de descarga y una mayor eficiencia de carga. (amazon.es, 2017)

Aplicaciones principales:

- Sistemas de energía solar
- Fuente de alimentación de reserva

- Equipos de telecomunicaciones
- Sistemas de alarma contra incendios y contra robo

3.23 Especificaciones técnicas de la batería de gel Enercity:

Discharge:- 20~55°C(-4~131°F)	Charge:0~40°C(32~104°F)	Storage: -20~50°C(-4~122°F)
Nominal Operating Temp.Range		25±3°C(77±5°F)
Cycle Use: Initial Charging Current less than 24.0A Voltage		14.4V~15.0V at 25°C(77°F) Temp.Coefficient -30mv/°C
Standby Use: No limit on Initial Charging Current voltage		13.5V~13.8V at 25°C (77°F) Temp.Coefficient -20mv/°C
Capacity Affected by Temperature		: 40°C (104°F): 103,00%; 25°C (77°F): 100,00%; 0°C (32°F): 86,00%
Design Floating Life at 20°C:		15 Years

Tabla 4-3: Especificaciones técnicas de la batería de gel

Fuente: www.ultracell.co.uk

La batería se comporta como una fuente de tensión ideal con una resistencia interna. Durante la carga la corriente ingresa por el ánodo y durante la descarga es al revés.

V_{BI} y R_{BI} dependen de la concentración de ácido en el electrolito y de la temperatura. Un incremento en la concentración del ácido en el electrolito provoca un aumento en la tensión V_{BI} y un decremento en la Resistencia R_{BI} ya que hay más iones disponibles para las reacciones. En el proceso de carga, al haber liberación de ácido, V_{BI} aumenta y R_{BI} decrece. En el proceso de descarga ocurre lo contrario V_{BI} decrece y R_{BI} aumenta. (Amazon.es, 2017)

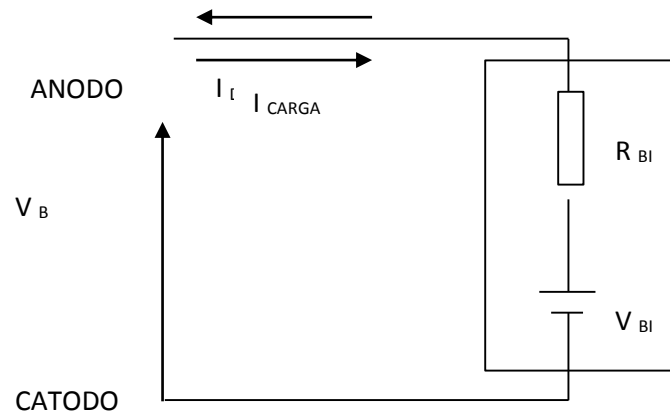


Figura 35-3: Circuito equivalente de la Batería

Fuente: Energía solar fotovoltaica y cooperación al desarrollo

Elaborado por: José Escobar 2017

3.24 Beneficios

- Las baterías de gel son completamente libres de mantenimiento.
- Al ser gelificado el electrolito se reduce a porcentajes mínimos la evaporación.
- Son baterías selladas.
- La cantidad mínima de evaporación durante la carga se vuelve a redirigir en lo interno de la batería
- Al no existir escapes de gases se evitan la corrosión de sus postes y las respectivas gasas de batería.
- Puede existir la posibilidad de variar la posición de la batería según la necesidad pues al ser selladas y estar gelificado el electrolito se limita por completo el derrame de ácido algo común en las baterías convencionales.
- También como un beneficio adicional podemos decir que ante algún golpe que sea capaz de traspasar la caja no existirá derrame, lógicamente esto las hace de mayor resistencia a las vibraciones además de soportar mayores temperaturas de operación.
- Las baterías de gel soportan mayor número de cargas y descargas, algo que en las baterías convencionales es sinónimo de deterioro prematuro cuando están expuestas a estas condiciones. (dospolosbaterias, 2015)

3.25 Bomba de agua

La bomba que utilizaremos en el sistema de regadío es de ½ hp y tiene las siguientes características:

Características de la Bomba de Agua	
voltaje	120V 60 Hz
RPM	3450
Flujo	30L/min
Altura Máxima	40 metros
Altura mínima	5 metros
Max Profundidad	7 metros
Diámetro de entrada y salida	1 Pulgada
Hp	0,5
Capacitor	0,25uf
Potencia	0,37Kw
Potencia Max	500 w

Tabla5-3: Datos de bomba de agua

Fuente:<https://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-555019256-bomba-de-agua-periferica-12-hp-munich-silenciosa>

Elaborado por: José Escobar 2017



Figura36-3: Bomba de agua de ½ Hp

Fuente:<https://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-555019256-bomba-de-agua-periferica-12-hp-munich-silenciosa>

Elaborado por: José Escobar 2017

3.26 Capacidad del reservorio

El reservorio donde se va extraer el agua cuenta con las siguientes dimensiones.

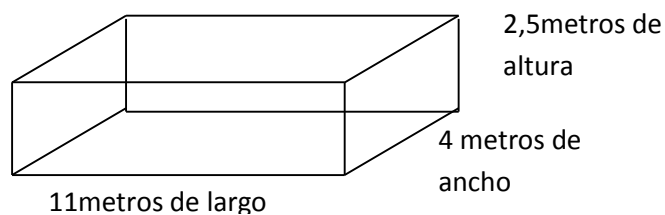


Figura 37-3: Dimensiones del reservorio

Elaborado por: José Escobar 2017

La capacidad del reservorio es:

Dimensiones del reservorio	Volumen del reservorio en m³	Volumen del reservorio en litros 1 m³=1000litros	Volumen que extrae la bomba de agua	Total de horas que abastece el reservorio
11m x 4m x 2,5	110 m ³	110m ³ x1000=110000litros	1800Litros x hora	61,1 horas

Tabla 6-3: Cálculos de la capacidad del reservorio

Elaborado por: José Escobar

El reservorio tiene capacidad para 110m³ y cada 15 días se llena con el agua de regadío de la acequia Cunuyacu que tiene un caudal de 800 litros por minuto como mínimo.

Caudal de la acequia Cunuyacu	Capacidad del reservorio	Tiempo de llenado
800 litros por minuto	110m ³	= 137.5 minutos = 2.29 Horas

Tabla 7-3: Tiempo de llenado del reservorio

Elaborado por: José Escobar

3.27 Cálculos del sistema fotovoltaico.

3.27.1 Coeficiente de Reflexión.

El coeficiente de reflexión (ρ) es la reflexión de la irradiación solar en los diferentes suelos. A continuación, la tabla de los coeficientes de reflexión.

Suelo	Reflectividad(ρ)
Seco	0,2
Hierba Húmeda	0,3
Desierto de Arena	0,4
Nieve	0,6

Tabla 8-3: Coeficiente de Reflectividad

Fuente: Energía solar fotovoltaica y cooperación al desarrollo

Elaborado por: José Escobar 2017

3.27.2 Coeficiente A

El coeficiente A depende de la inclinación del panel β y del coeficiente ρ del suelo independientemente de la orientación de los paneles solares estén al norte o al sur.

Los paneles solares están ubicados en un suelo seco por lo tanto la reflectividad es:

$$\rho=0,2$$

3.27.3 Irradiación global sobre la superficie inclinada.

La irradiación sobre el plano inclinado $G_{dm}(\beta)$ depende de la expresión cuadrática

$$G_{dm}(\beta) = AxG_{dm}(0) + B(G_{dm}(0))^2$$

A	$\rho=0,2$	$\rho=0,2$	$\rho=0,2$	$\rho=0,2$	$\rho=0,2$
$\beta=\pm 0^0$	1	1	1	1	1
$\beta=\pm 5^0$	0.998	0.99	0.9	0.999	0.999
$\beta=\pm 10^0$	0.994	0.995	0.995	0.996	0.997
$\beta=\pm 15^0$	0.986	0.988	0.99	0.991	0.993
$\beta=\pm 20^0$	0.976	0.979	0.982	0.985	0.988
$\beta=\pm 25^0$	0.963	0.967	0.972	0.977	0.981
$\beta=\pm 30^0$	0.9460	0.953	0.96	0.967	0.973

Tabla 9-3: Tabla para calcular el coeficiente A

Fuente: Energía solar fotovoltaica y cooperación al desarrollo

Elaborado por: José Escobar 2017

3.27.4 Coeficiente B

El coeficiente B depende de la latitud del emplazamiento Φ , la inclinación del panel β y del mes del año.

B	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
$\Phi = -5$												
$\beta = +10^\circ$	-0.0098	-0.0058	-0.0004	0.0061	0.0128	0.0166	0.0149	0.0087	0.0019	-0.0042	-0.0089	-0.0111

Tabla 10-3: Tabla para calcular el coeficiente β

Fuente: Energía solar fotovoltaica y cooperación al desarrollo

Elaborado por: José Escobar 2017

3.27.5 Cálculos de la potencia de consumo.

3.27.6 Cargas:

Bomba de agua de ½ hp		370W	110 voltios CA
Fuente de voltaje para las electroválvulas		30W	110 voltios CA
Fuente de voltaje para arduino y sim900		5W	110 voltios CA

Tabla 11-3: Potencia de consumo de los equipos electrónicos y eléctricos

Elaborado por: José Escobar

3.27.7 Horas a utilizar

Bomba de agua de ½ hp	3 horas
Fuente de voltaje para las electroválvulas	3 horas
Fuente de voltaje para arduino y sim900	24 horas

Tabla 12-3: Cálculos del tiempo a utilizar

Elaborado por: José Escobar

3.27.8 Cálculos de la potencia total a utilizar por día

Artefacto	Cantidad	Potencia	Uso(Horas)	EnergíaWh/día
Bomba	1	370	3	1110
Fuente electroválvula	1	30	3	90
Fuente para Arduino	1	5	24	120
Total				1320

Tabla 13-3: Cálculos de la potencia total de consumo en un día

Elaborado por: José Escobar

Latitud de Huachi Grande en el barrio Nueva Vida -1.131^0

Datos de Irradiación global ($G_{dm}(0)$), en Kwh/m²/día

EN	FB	MR	AB	MY	JN	JL	AG	SP	OC	NO	DC
6,39	6.82	6.7	6.6	6.3	6.1	6.39	6	5.98	6.12	6	7

Tabla 14-3: Datos de Irradiación global para todos los meses del año

Fuente: Energía solar fotovoltaica y cooperación al desarrollo

Elaborado por: José Escobar

3.27.9 Características de los equipos

3.27.9.1 Paneles Solares

Tensión de máxima potencia(V_{pmax})	(36.23V)>12 V
Intensidad de máxima potencia(I_{pmax})	8.28A

Tabla 15-3: Datos del panel solar

Fuente: Captura de pantalla

Elaborado por: José Escobar

3.27.9.2 Acumuladores:

Capacidad Nominal a 100H (C_{NBat})	100AH
Tensión Nominal (V_{NBat})	12V
Profmax de descarga (PD_{max}) o Capacidad Útil (C_{UBat})	0.5

Tabla 16-3: Datos de la batería de gel

Elaborado por: José Escobar

3.27.9.3 Regulador

Tensión Nominal (V_{NReg})	24V
Intensidad máxima (I_{maxReg})	50A

Tabla 17-3: Datos del regulador

Elaborado por: José Escobar

3.27.9.4 Convertidor DC/AC:

Tensión Nominal (V_{Nconv})	24V DC/110V
Potencia instantánea (P_{Iconv})	1500 W
Rendimiento al 70% (η_{70})	0.9

Tabla 18-3: Datos de conversor de DC a AC

Elaborado por: José Escobar

3.27.9.5 Proyecciones del proyecto:

Días de autonomía(N)	1
Tensión nominal (V_N)	24 V

Tabla 19-3: Días de autonomía del proyecto

Elaborado por: José Escobar

3.27.10 Elección del mes peor

LATITUD (Φ): -1.31°

Tensión Nominal de la Instalación V_N (24V)

	EN	FB	MR	AB	MY	JN	JL	AG	SE	OC	NO	DC
Inclinación β	11.31 ⁰											
Factor A	0.994											
$G_{dm}(0)(Kwh / m^2)$	6.39	6.82	6.7	6.6	6.3	6.1	6.39	6	5.98	6.12	6	7
Factor B	-0.0098	-0.0058	-0.0004	0.0061	0.0128	0.0166	0.0149	0.0087	0.0019	-0.0042	-0.0089	-0.0111
$(G_{dm}(0))^2 = 3^2$	41	45	47	44	40	37	41	36	36	37	36	49
$G_{dm}(\beta) \left(\frac{Kwh}{m^2 \times dia} \right) = AxG_{dm}(0) + Bx(G_{dm}(0))^2$	5.94	6.64	7.28	6.82	5.75	6.6	6.96	6.27	6.01	5.9	5.6	6.4
$E_{Total}(DC)(Wh / dia)$	0											
$E_{Total}(AC)(Wh / dia)$	1320											
$E_{Total} = E_{Total}(DC) + E_{Total}(AC)$	1320											
$I_m = \frac{E_{Total} \times 1000}{G_{dm}(\beta) \times V_N}$	9.25	8.28	7.55	8.06	9.56	8.33	7.9	8.77	9.15	9.3	9.82	8.59

Tabla 20-3: Cálculos para el mes peor

Fuente: Energía solar fotovoltaica y cooperación al desarrollo

Elaborado por: José Escobar 2017

Tabla para de cálculos de la corriente para el mes peor

$I_m(mes\ peor)(A)$	7.55	Para el mes de	Marzo	$E_{TOTAL}(mes\ peor)$
				1320wh/dia
$I_m\ Max(A) = 1,2 \times I_m(mes\ peor)$	9.06			

Tabla 21-3: Cálculos de la corriente en el mes peor

Fuente: Energía solar fotovoltaica y cooperación al desarrollo

Elaborado por: José Escobar 2017

3.28 Cálculo del número de paneles

Paneles en serie (N_{ps})	$(N_{ps}) = \frac{V_N}{V_{pmax}} \frac{24}{36,23} = 0,66$
Paneles en paralelo (N_{pp})	$(N_{pp}) = \frac{I_{mMAX}}{I_{pmax}} \frac{9,06}{8,28} = 1,094$
Número total de paneles	$(N_{TOT}) = N_{PS} \times N_{PP}$ $0,66 \times 1,094 = 0,722$

Tabla 22-3: Cálculos para número de paneles solares

Fuente: Energía solar fotovoltaica y cooperación al desarrollo

Elaborado por: José Escobar 2017

3.29 Acumuladores

Capacidad necesaria (C_{NEC})	$(C_{NEC}) = \left(\frac{E_{TOTAL}(mes\ peor)}{V_N} \right) \times N_{aut}$ $\frac{1320}{24} \times 1 = 55Ah$
Capacidad Nominal (C_{NOM})	$C_{NOM} = \left(\frac{C_{NEC}}{PD_{max}} \right)$ $\frac{55Ah}{0.5} = 110Ah$
En serie (N_{BS})	$N_{BS} = \left(\frac{V_N}{V_{NBatt}} \right) \frac{24}{12} = 2$

Tabla23-3: Cálculos para en número de baterías

Fuente: Energía solar fotovoltaica y cooperación al desarrollo

Elaborado por: José Escobar 2017

3.30 Presupuesto

Cantidad	Descripción	V. Unitario	V. Total
2	Paneles solares de 300W	390.00	780.00
2	Baterías de 100mh	285.00	570.00
1	Regulador de carga	116.00	150.00
1	Convertidor de corriente directa a corriente alterna	200.00	200.00
3	Electroválvulas	60.00	180.00
1	Arduino	30.00	30.00
1	Módulos GSM	30.00	30.00
1	Estructura de soporte de las placas fotovoltaicas	80	80
1	Placa de relés	50.00	50.00
1	Capacitación en android app	100	100
Total		1070.00	2170.00

Tabla 24-3: Presupuesto del todo el sistema

Elaborado por: José Escobar 2017

La grafica 38-3 muestra en forma gráfica sobre los costos de implementación del proyecto

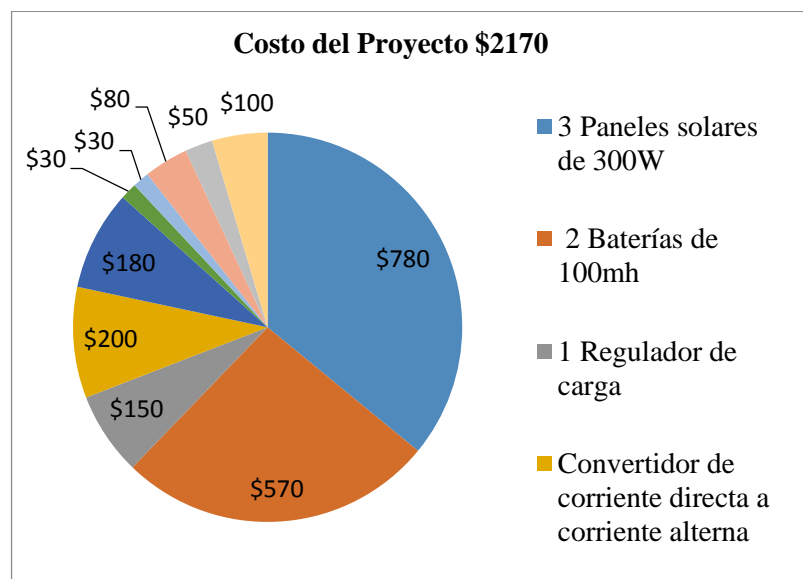


Figura 38-3: Costos del proyecto

Elaborado por: José Escobar 2017

3.31 Orientación de los módulos solares.

Salvo que el cielo está totalmente cubierto la mayor parte de la energía procedente del sol llega de forma directa y perpendicular. El módulo producirá la máxima energía si está orientado frente al sol es decir perpendicular a la recta que une la posición de la instalación con el sol, pero el sol no está en un solo sitio y esto obliga a las instalaciones estáticas buscar algún criterio para determinar la mejor orientación del ángulo. Dos ángulos determinan la orientación de módulo: azimut e inclinación.

3.32 Azimut (α)

Mide la rotación del módulo alrededor de un eje perpendicular a la tierra (plano horizontal), y se define como el ángulo que sobre el plano horizontal forman la dirección hacia el Ecuador terrestre y la proyección sobre el mismo plano horizontal de una recta ascendente perpendicular a la superficie del módulo.

3.33 Inclinación (β)

Es el ángulo que forman el plano del módulo y la horizontal. Una inclinación de 0° grados sería el módulo, y el de 90° vertical

3.34 Sentido de los paneles solares.

Los parámetros a considerar para la instalación de paneles solares son las variantes entre los hemisferios norte y sur de la tierra y la rotación de la tierra que marca la hora del día en cada parte del mundo. En el hemisferio norte puede ser de mañana, mientras que en el sur está anocheciendo.

Los módulos solares del hemisferio norte, que comprende a Norteamérica, el Ártico, parte de África y Asia, deben estar dirigidos hacia el sur. Mientras que, en las regiones de Sudamérica, el sur de África, Australia y Oceanía, que son parte del hemisferio sur, se recomienda que los paneles solares se encuentren dirigidos al norte.

Para instalar o establecer el ángulo de inclinación del módulo solar. El grado de inclinación es igual al grado de latitud en donde se encuentra.

En nuestro caso el sistema fotovoltaico se encuentra instalado muy cerca de la línea ecuatorial, la zona de Huachi Grande tiene latitud -1.3190 y longitud -78.6419 por lo que los paneles

fotovoltaicos se deben instalar con sus caras hacia el norte, en el caso de que la instalación fotovoltaica se encuentre ubicada al norte de la línea ecuatorial los paneles se orientaran hacia el sur.

La Latitud y longitud de Huachi Grande Barrio Nueva Vida es: -1.3190, -78.6419 respectivamente.

3.35 Movimiento Diario del sol

Durante el día el sol atraviesa el cielo de este a oeste. Este movimiento origina un ciclo diario de la energía captada por el generador fotovoltaico. Este ciclo diario es completamente amortiguado por la capacidad de las baterías el criterio que se adoptado estará encaminado a producir la máxima energía durante el día en su conjunto por término medio el 90% de la energía diaria se recibe en el tercio del día centrado en el mediodía. Esto ocurre porque la atmósfera atenúa la energía procedente del sol absorbiendo, dispersando parte de ella. En consecuencia, llega tanta más energía cuanto menor sea la cantidad de atmósfera que los rayos del sol han de atravesar. Al mediodía es cuando la cantidad de atmósfera atravesada es menor y por tanto la cantidad de energía recibida es mayor. Por lo tanto conviene tener el módulo centrado al mediodía, es decir girado hacia el Ecuador (acimut a cero grados, $\alpha=0^0$) con una salvedad para la zona entre los trópicos que hace que los módulos de en espalda al Ecuador, ($\alpha=180^0$).

3.36 Movimiento anual del sol

El Sol describe diariamente en el cielo una trayectoria que empieza en el amanecer, sube hasta el mediodía y cae al atardecer y la altura de esta trayectoria varía en un ciclo anual, que determina las estaciones en este caso a la capacidad de la batería no puede de ningún modo amortiguar este ciclo es decir que si el módulo se orienta hacia el mediodía de un día del año se favorece la producción de energía en estos días en perjuicio de otras estaciones en las que el sol llegue a diferente altura.

La elevación del sol, γ_s , es el ángulo que forma el sol con horizontal y es el máximo al mediodía. Este máximo depende de la latitud, Φ , en que se encuentra el módulo y de la declinación solar, δ , que es el ángulo que forma el sol con el plano del Ecuador. Este ángulo es el que varía en ciclos de un año dando lugar a las estaciones llamando d_n el día del año (del 1 al 365) la declinación solar se calcula:

$$\delta(\text{grados}^0) = 23,45 \text{Sen} \left(2\pi \frac{d_n + 284}{365} \right)$$

El 13 de marzo del 2017 fue el día con más precipitación y por lo tanto mayor nubosidad

$$\delta(\text{grados}^0) = 23,45 \text{Sen} \left(2\pi \frac{72 + 284}{365} \right)$$

$$\delta(\text{grados}^0) = 2,5^0$$

A continuación, se destacan las siguientes fechas de referencia.

- Solsticios:

21/22 de junio: $\delta_{max} = 23,45^0$ (verano en el hemisferio norte)

21/22 de Diciembre: $\delta_{min} = -23,45^0$ (verano en el hemisferio sur)

- Equinoccios:

20/21 de Marzo y 22/23 de septiembre: $\delta=0^0$.

3.37 Declinaciones medias para los 12 meses del año

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
δ_{med}	-20.84	-13.22	-2.40	9.46	18.78	23.04	21.11	13.28	1.97	-9.84	-19.02	-23.1

Tabla 25-3: Declinación Solar

Fuente: Energía solar fotovoltaica y cooperación al desarrollo

Elaborado por: José Escobar 2017

La elevación solar γ_s al medio del día δ_n en el lugar de Huachi Grande Barrio Nueva Vida con latitud -1.3190 es:

$$\gamma_s(\text{medio dia}) = 90^0 - |\Phi - \delta|$$

$$\gamma_s(\text{medio dia}) = 90^0 - |-1,3190 - 2,5|$$

$$\gamma_s(\text{medio dia}) = 86,181^0$$

Para favorecer la producción de energía en un determinado día del año hay que orientar el modulo fotovoltaico perpendicular al sol del mediodía de ese día.

$$\beta(d_n) = |\Phi - \delta(d_n)|$$

$$\beta(d_{72}) = |-1,3190^\circ - 2,5^\circ|$$

$$\beta(d_{72}) = 1,181$$

El ángulo de inclinación del módulo nos favorece solo para ese día. Pero la inclinación debe favorecernos para los meses que llega menos energía del sol, es decir en el invierno. El peor día es el solsticio de invierno. Y la β (ángulo de inclinación) idónea sería $|\Phi| + 23,45^\circ$, pero inclinar tanto el modulo presenta un problema en los meses de invierno el cielo está cubierto por las nubes y la energía del sol ya no llega directamente sino dispersada por las nubes, y la posición para captar más energía es la posición horizontal. Es por esta razón que se propuso una inclinación de $|\Phi| + 10^\circ$.

$$\beta = |\Phi| + 10^\circ$$

$$\beta = |-1,3190| + 10^\circ$$

$$\beta = 11,3190^\circ$$

El ángulo de inclinación de los paneles solares que se van a instalar es de $11,3190^\circ$

3.38 Armado de mástil y estructura de cuerpo de los paneles solares.

Se ensambla los paneles solares sobre una estructura metálica y con variación de ángulos



Figura 39-3: Armado de mástil y paneles solares

Fuente: Captura de pantalla

Elaborado por: José Escobar 2017

En esta grafica los paneles solares se encuentran a 11° respecto a la horizontal ángulos calculados para todas las etapas de



Figura 40-3: Paneles solares a 11° grados

Fuente: Captura de pantalla

Elaborado por: José Escobar 2017

3.39 Cambio de las llaves manuales por las electroválvulas

En Huachi grande en el Barrio Nueva Vida están ubicadas las llaves de mando de la apertura y cierre manual de las llaves de agua. El sistema de regadío comprende tres áreas y por lo tanto tres (3) llaves, cada llave se abre por un lapso de 1 hora y se cierra y así sucesivamente.

La instalación de las llaves manuales de agua para el regadío fue realizada con tubo de PVC (poli cloruro de vinilo). Para el reemplazo de estas llaves únicamente se procede a cortar por la parte del tubo y colocar las electroválvulas.



Figura 41-3: Instalaciones manuales de las llaves de agua

Fuente: Captura de pantalla

Elaborado por: José Escobar 2017

En la gráfica42-3 se observa el armado de las electroválvulas con sus adaptadores flex codos pedazos de tubo de 1½pulgada y para fijarlo se utilizó la pega para PVC.

Armado final de las electroválvulas con sus acoples para reemplazar a las llaves manuales.



Figura 42-3: Armado final de electroválvulas con sus acoples

Fuente: Captura de pantalla

Elaborado por: José Escobar 2017

En la figura 43-3 se está procediendo al reemplazo de las llaves manuales por las electroválvulas y también se observa el funcionamiento de las electroválvulas en las etapas de prueba.



Figura 43-3: Reemplazo de electroválvulas por las llaves manuales

Fuente: Captura de pantalla

Elaborado por: José Escobar 2017

3.40 Diseño de la de parte de control.

En el sector de Huachi Grande barrio Nueva Vida en el área a implementar no hay cerca redes eléctricas, tampoco redes de telefonía para internet, pero si contamos con cobertura de celular.

Hay una tarjeta de control en el mercado que permite utilizar la cobertura de celular para proyectos como es el caso de la tarjeta GSM sim 900 que trabaja con comandos AT.

Se utilizó la tarjeta arduino por su bajo costo y por su software libre. En esta tarjeta se realizó la programación necesaria para procesar los datos procedentes de la tarjeta GSM sim 900. Y poder activar y desactivar las electroválvulas mediante un tiempo programado.

Se incorporó en la tarjeta arduino un sensor que permite identificar cuando no hay agua en el reservorio en ese momento deja de operar el sistema de control y se envía un mensaje al celular del operador.

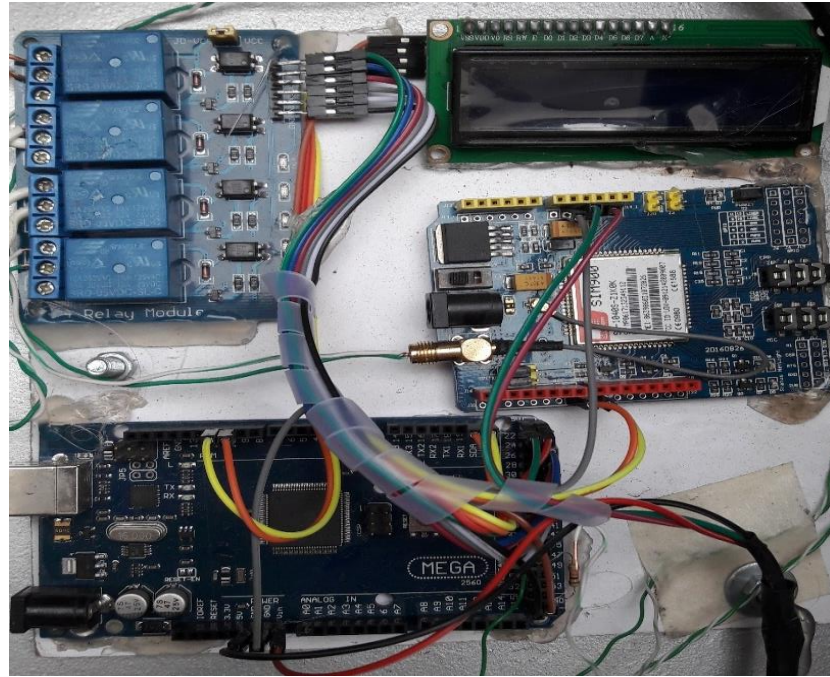


Figura 44-3: Arduino y sim900

Fuente: Captura de pantalla

Elaborado por: José Escobar 2017

Para el diseño de la aplicación en el celular se utilizó el programa App inventor. Este programa es un software libre y de programación grafica el único requisito que debe tener cuenta en Gmail. Y todos los archivos se encuentran en la página de app inventor. Y de igual manera la compilación del programa fuente se realiza en línea y el código ejecutable se le guarda en el celular para luego ser instalada la app en el celular.

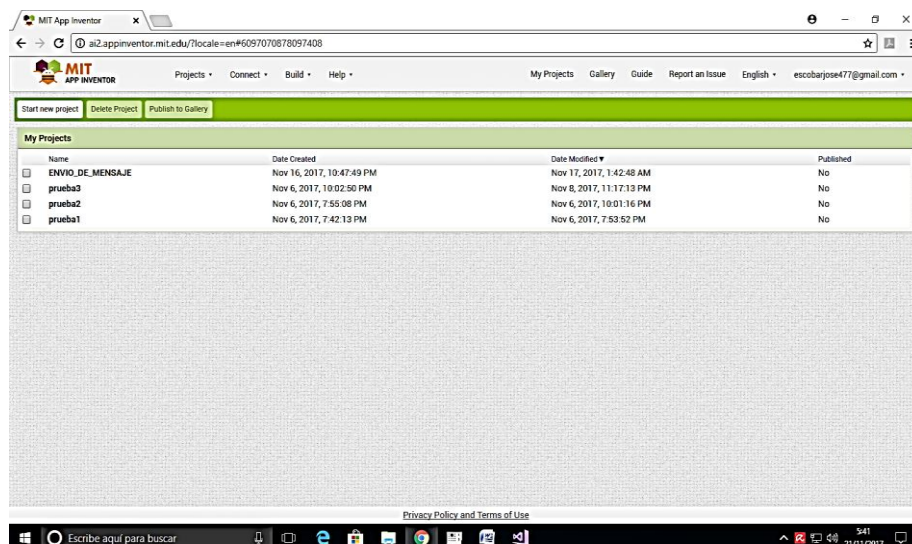


Figura 45-3: App inventor

Fuente: Captura de pantalla

Elaborado por: José Escobar 2017

3.41 Programación gráfica para el usuario

En la figura 46-3se puede observar los botones de control para activar y desactivar las electroválvulas

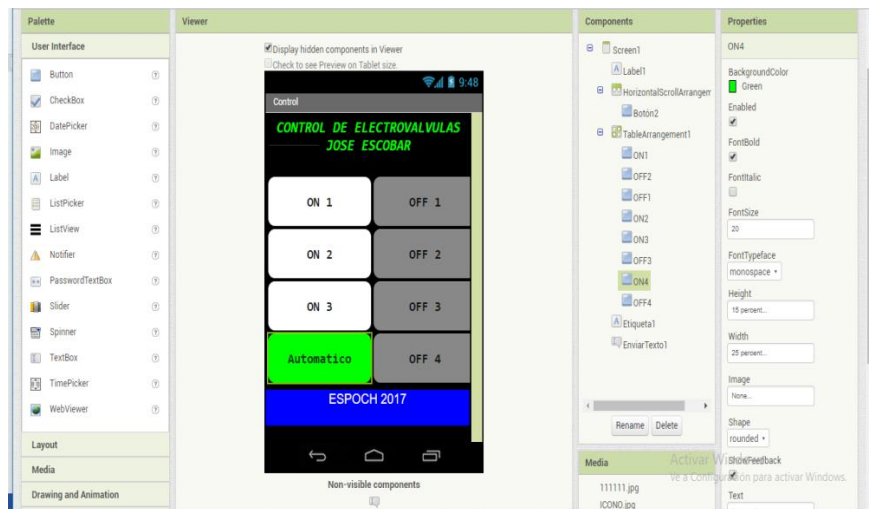


Figura 46-3: Vista del usuario en app inventor

Fuente: Captura de pantalla

Elaborado por: José Escobar 2017

En la etapa de programación tenemos los bucles de control en forma gráfica.

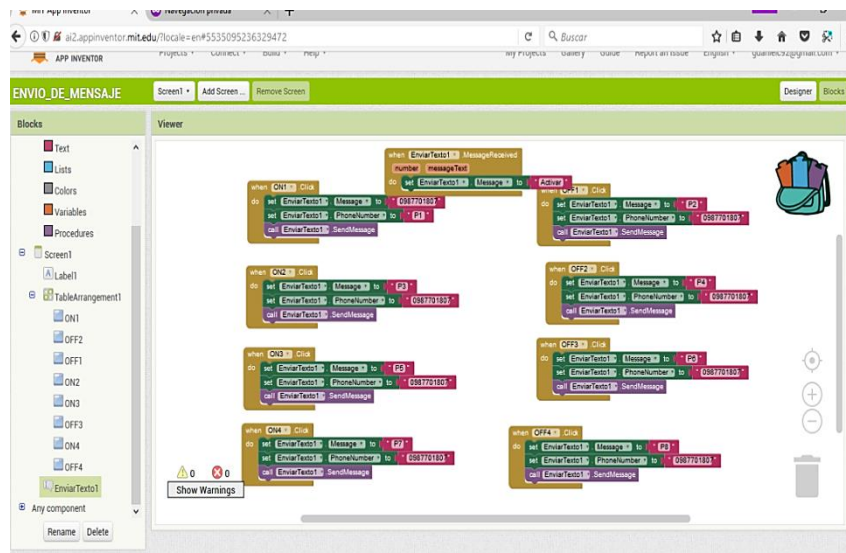


Figura 47-3: Programación de bloques en app inventor

Fuente: Captura de pantalla

Elaborado por: José Escobar 2017

Cuando terminamos el programa hacemos la compilación y se graba un archivo con extensión .apk lo copiamos en el celular y lo instalamos. El programa se puede instalar en cualquier celular actualmente, está instalado en un celular Samsung J2

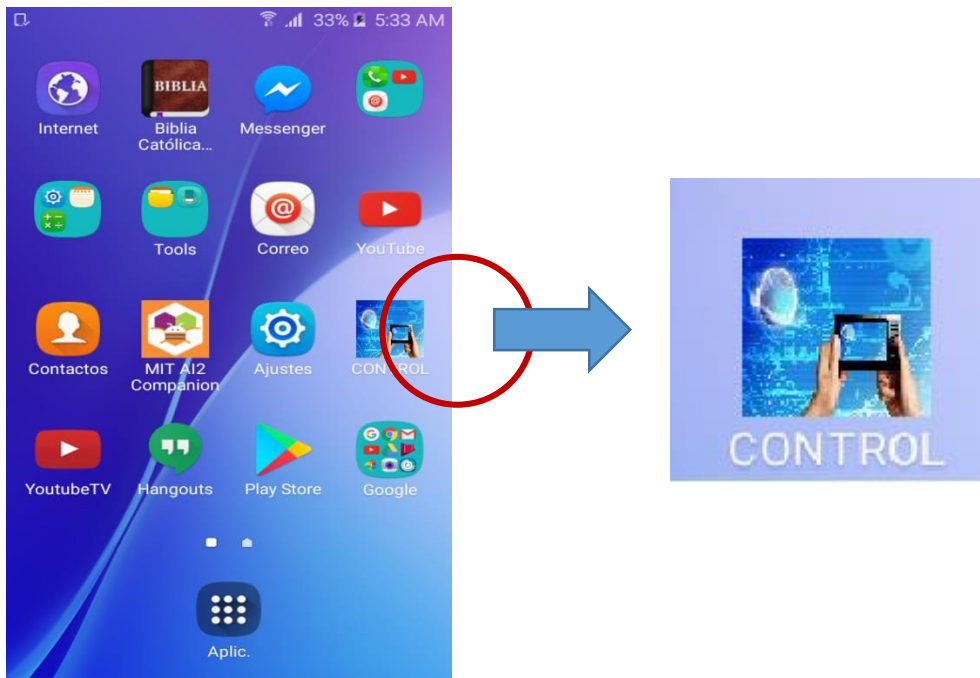


Figura 48-3: Icono de la aplicación en el celular

Fuente: Captura de pantalla

Elaborado por: José Escobar 2017

En la figura 49-3 se muestra la aplicación cuando lo ejecutamos

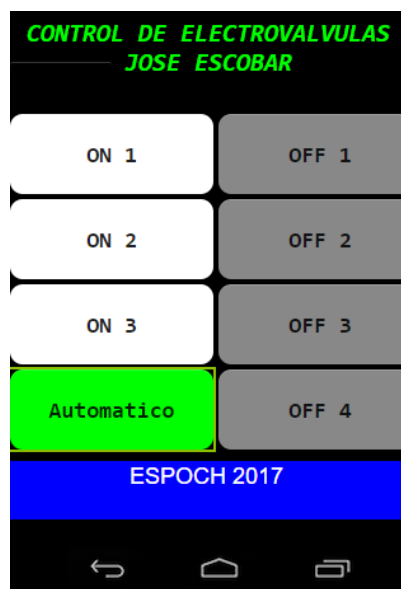


Figura 49-3: Ejecución del programa realizada en app inventor

Fuente: Captura de pantalla

Elaborado por: José Escobar 2017

Cuando se activa un botón de cualquier electroválvula se recibe como respuesta un mensaje de texto en el celular afirmando que se recibió la orden. De igual manera cuando termina el tiempo de regadío el sistema de control envía un mensaje al celular informando sobre la terminación de la irrigación.

El sistema también consta con una orden programada para operar el sistema automatizado para trabajar 3 horas diarias cada 24 horas indefinidamente sin necesidad de enviar la orden cada vez que se requiera irrigar el terreno, el horario comprende desde las 12 am hasta las 3 am. Se ha escogido este horario de la madrugada porque en la noche se aprovecha mejor la retención de la humedad que es aprovechada por los cultivos.

3.42 Ensamble del proyecto en el gabinete metálico

Las baterías están conectadas en serie y están ubicadas en un gabinete metálico independiente



Figura 50-3: Baterías de gel conectadas en serie

Fuente: Captura de pantalla

Elaborado por: José Escobar 2017

En la figura 51-3 se observa el sistema de control con el regulador y el convertor de voltaje



Figura 51-3: Gabinete con los dispositivos

Fuente: Captura de pantalla

Elaborado por: José Escobar 2017

Vista de los dos gabinetes proyecto armado



Figura 52-3: Proyecto armado

Fuente: Captura de pantalla

Elaborado por: José Escobar 2017

3.43 Área de implementación del sistema de riego

El área para irrigación tiene una pendiente de 30° por lo que se implementó el sistema de riego por goteo para evitar la erosión del suelo y tener una irrigación directa a la raíz de la planta.

El cultivo sembrado es alfalfa y el área del terreno es de 500 m².



Figura 53-3: Sistema de Irrigación

Fuente: Captura de pantalla

Elaborado por: José Escobar 2017

CAPÍTULO IV

4 Pruebas y Resultados

Se midió los voltajes, pero respecto al Angulo de inclinación entre 10^o grados y 70^o grados de inclinación respecto a la horizontal. Con los datos adquiridos el mejor ángulo es de 10 grados. Inclusive este ángulo nos ayuda para que cualquier objeto que caiga sobre el panel resbale como por ejemplo polvo ceniza, lluvia, hojas de plantas, etc.

Voltaje	Angulo de inclinación	Panel solar 1 Posición al este geográfico	Angulo de inclinación	Panel solar 2 Posición al oeste geográfico
Medido de 12 a 2 pm	10 °	40 V	10 °	40.1 V
	20 °	39.3 V	20 °	39.9 V
	30 °	39.2 V	30 °	39.8 V
	40 °	39.2 V	40 °	39.8 V
	45 °	39.2 V	45 °	39.8V
	50 °	39.1 V	50 °	39.5 V
	60 °	39.1 V	60 °	39.4 V
	70 °	39.1 V	70 °	39.4 V

Tabla 1-4: Ángulos de inclinación

Elaborado por: José Escobar 2017

Se realizó la toma de datos de voltajes de los paneles solares a diferentes horas del día entre las fechas 15 de octubre del 2017 y el 23 de octubre del 2017. Y se observa en la tabla que el mejor rendimiento de los paneles solares es a 11^o grados respecto a la horizontal.

En la tabla 2-4 se muestra la toma de datos de voltajes de los paneles solares desde las 6 am hasta las 6 pm

Hora	15/10/17	16/10/2017	17/10/2017	18/10/2017	19/10/2017	20/10/2017	21/10/2017	22/10/2017	23/10/2017
6 am	15.1V	12.5V	15.4	14.2	13.4	13.8	14.2	15.8	12.1
7 am	19.2V	15.4V	18.5	17.5	14.8	14.5	18.2	14.2	14.8
8am	25.2V	22.5V	25.6V	20.4V	22.4V	19.5V	22.5V	19.8V	20.4V
9am	27.0V	27.2V	26.8V	22.5V	25.5V	26.8V	25.9V	24.9V	25.8V
10am	32.4V	31.5V	30.8V	31.8V	30.9V	31.5V	34.5V	34.4V	26.5V
11am	40.2V	38.4V	35.4V	38.9V	39.4V	38.9V	37.4V	38.9V	40.7V
12am	41.5V	40.5V	39.5V	40.1V	39.1V	39.8V	35.4V	40.5V	40.5V
1pm	41.1V	40.0V	39.9V	40.1V	40.2V	39.9V	38.9V	39.4V	40.1V
2pm	41.7V	40.1V	38.2V	39.9V	40.1V	40.0V	39.8V	40.1V	40.1V
3pm	41.2V	40.1V	38.1V	39.8V	40.2V	40.1V	40.2V	39.9V	40.2V
4pm	40.2V	39.9V	38.0V	38.5V	37.4V	39.1V	39.9V	38.4V	38.7V
5pm	35.4V	37.5V	32.5V	37.4V	37.0V	37.4V	338.5V	37.4V	35.4V
6pm	27.1V	24.1V	23.2V	24.7V	23.4V	23.1V	20.2V	23.1V	23.5V

Tabla 2-4: Medición de voltaje

Elaborado por: José Escobar 2017

El voltaje óptimo se obtuvo entre las 11 am y las 3 pm teniendo un promedio de 4 horas para cargar la batería.

4.1 RESULTADOS

4.2 Sistema de regadío antes de la implementación del sistema fotovoltaico

La bomba de agua es un motor de combustión alimentado por gasolina derivado del petróleo. Al ser su tecnología (la del automóvil) muy difundida, son de bajo costo y se utilizan con relativa frecuencia.

Presentan los siguientes inconvenientes:

- Dependencia de combustible para funcionamiento
- Tiempo de vida de los equipos.
- Exigencias de mantenimiento constante
- Contaminación acústica y medio ambiental



Figura 1-4: Bomba de agua a combustión

Fuente: Captura de pantalla

Elaborado por: José Escobar 2017

En una bomba de agua a gasolina, por cada litro de gasolina que se consume, se emiten s 23 g/km de CO₂.

A continuación la tabla de emisión de CO₂ que emite la bomba de agua a la atmósfera

Meses	Gasolina en galones	Aceite En litros	Mantenimiento	Emisión de CO ₂
Enero	3,5	2	3 mantenimientos por año ABC(cambio de bujía, lavada de carburador, filtro de la gasolina)	1288g
Febrero	3,5	2		1288g
Marzo	3,5	2		1288g
Abril	3,5	2		1288g
Mayo	3,5	2		1288g
junio	3,5	2		1288g
Julio	3,5	2		1288g
Agosto	3,5	2		1288g
Septiembre	3,5	2		1288g
Octubre	3,5	2		1288g
Noviembre	3,5	2		1288g
Diciembre	3,5	2		1288g

Continuación tabla 3-4

Total	42galones*1,48=\$62.16	24 litros*\$5=120	\$40	15456 gramos de CO₂
--------------	-------------------------------	--------------------------	-------------	---------------------------------------

Tabla 3-4: Tabla de consumo de gasolina, aceite, CO₂, mantenimiento de la bomba de agua en un año.

Elaborado por: José Escobar 2017

La Figura 2-4 muestra en forma gráfica de todos los gastos de operación de la bomba de gasolina en un año de acuerdo la tabla 3-4.

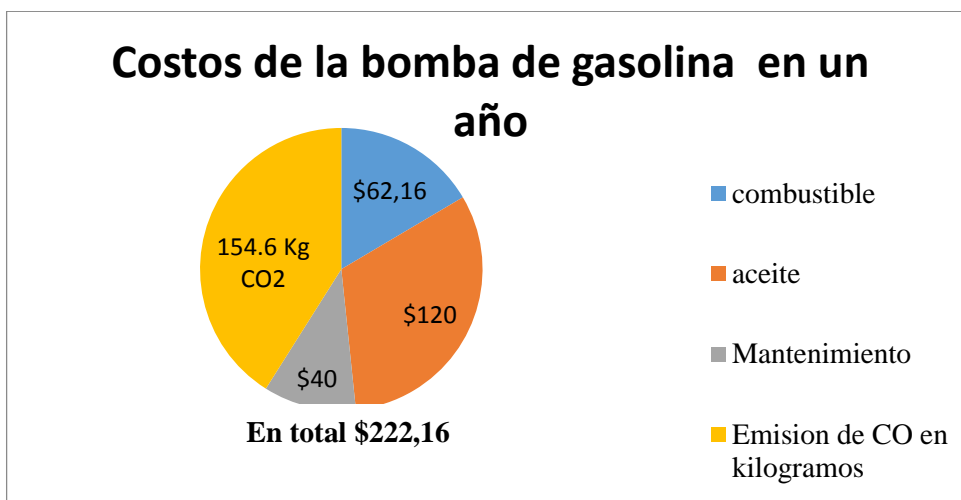


Figura 2-4: Costos de Operación de la bomba de gasolina en un año

Fuente: Captura de pantalla

Elaborado por: José Escobar 2017

4.3 Relación costo beneficio entre la bomba de agua y los paneles solares

La inversión realizada en el sistema fotovoltaico es de \$2170, la tabla 4-4 muestra el tiempo en que los gastos de la bomba de agua se igualan con el sistema fotovoltaico.

	Gasolina	Aceite	Mantenimie nto	Valor	Emisión de CO ₂
Compra de la Bomba de agua				\$400	
Primer año	\$62.16	\$120	\$40	\$ 222,16	15,456Kg
Segundo Año	\$62.16	\$120	\$40	\$ 222,16	15,456Kg
Tercer Año	\$62.16	\$120	\$40	\$ 222,16	15,456Kg

Continuación tabla 4-4

Cuarto año	\$62.16	\$120	\$40	\$ 222,16	15,456Kg
Quinto Año	\$62.16	\$120	\$40	\$ 222,16	15,456Kg
Sexto Año	\$62.16	\$120	\$40	\$ 222,16	15,456Kg
bomba	Reparación de la Bomba de agua			\$200	
Séptimo Año	\$62.16	\$120	\$40	\$ 222,16	15,456Kg
Total				\$2155,12	Total de CO₂=108,192Kg

Tabla 4-4: Tabla de gastos de la bomba de agua en 7 años

Elaborado por: José Escobar 2017

Comparando el costo inicial de \$2170 del sistema fotovoltaico en relación con los gastos anuales de la bomba de agua, a partir del octavo año el sistema fotovoltaico es de cero dólares.

	Dólares	Emisiones de CO ₂	Mantenimiento	
			Bomba de agua	Sistema Fotovoltaico
Total de gastos en la bomba de agua durante 7 años	\$2155,12 incluido el mantenimiento	108,192Kg	21 Mantenimientos 300\$	28 Mantenimientos 70\$
Inversión del sistema de control fotovoltaico	\$ 2170.00 +\$70 de mantenimiento=\$2240	0 Kg		

Tabla 5-4: Tabla relación de costos y gastos, pro y contras bomba de agua vs sistema fotovoltaico para 7 años

Elaborado por: José Escobar 2017

La figura 3-4 muestra gráficamente los costos, emisiones de CO₂, mantenimientos en la bomba de agua y sistema fotovoltaico. En el primer sistema las emisiones de anhídrido carbónico son de

108.192 kg en los 7 años, mientras que en el sistema fotovoltaico la emisión sonde cero kg de anhídrido carbónico.

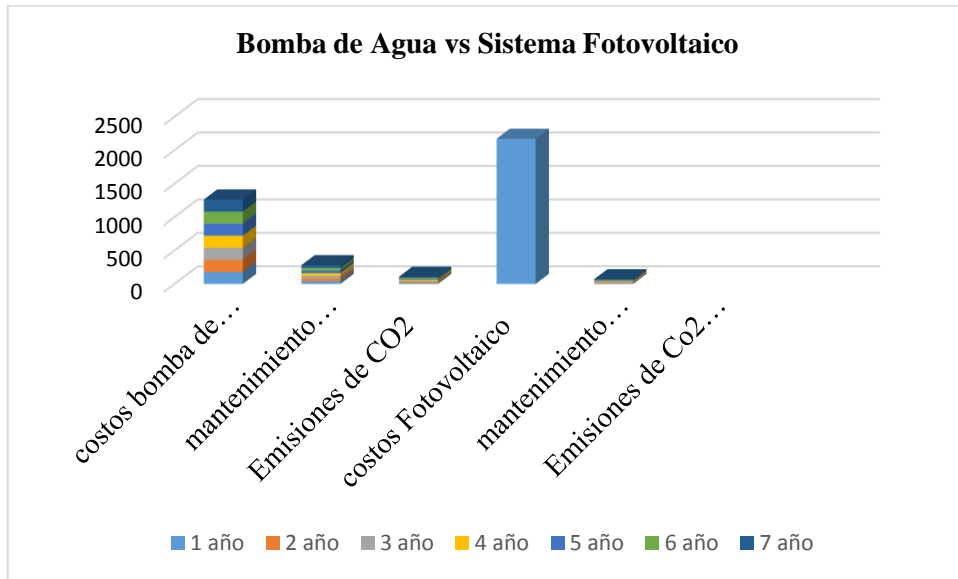


Figura3-4: Costos bomba de agua Vs sistema fotovoltaico en 7 años

Elaborado por: José Escobar 2017

En 7 años los costos de la bomba de agua vs sistema fotovoltaico se igualan, la gráfica 4-4 muestra los cálculos para 20 años de operación tiempo en el cual tal vez se necesite realizar el cambio en las baterías. El tiempo de vida útil de las baterías depende de la carga y descarga del sistema fotovoltaico y del consumo eléctrico. El proyecto está diseñado para 20 años de operación antes de realizar algún cambio en las baterías

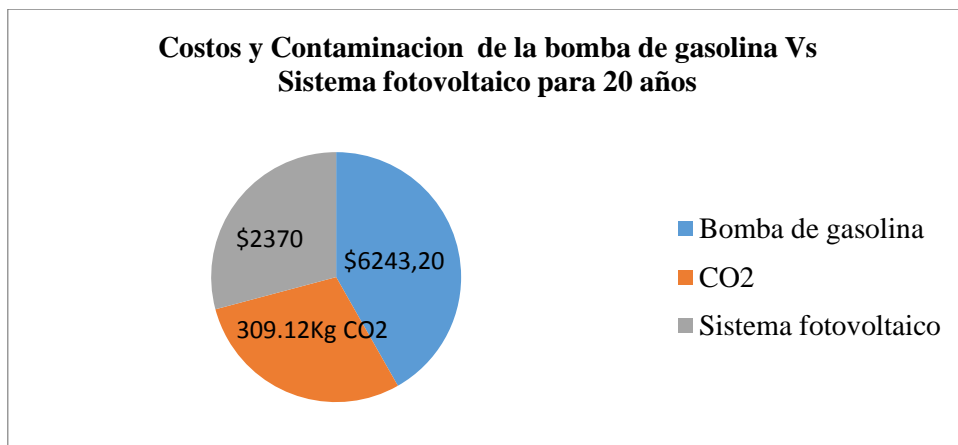


Figura 4-4: Costos y contaminación de la bomba de agua en relación con el sistema fotovoltaico dentro de 20 años.

Elaborado por: José Escobar 2017

En 20 años se evitaría 309.12 Kg de CO₂ de contaminar el medio ambiente protegiendo de esta manera la conservación del planeta para las futuras generaciones venideras.

El tiempo promedio para llegar hasta la propiedad es de 30 minutos y el tiempo para operar la bomba de agua con las electroválvulas es de 4 horas h. Mientras que en el sistema fotovoltaico solo necesitamos de 5 segundos para activar el sistema de control y poner en funcionamiento el sistema automatizado desde cualquier parte del país.

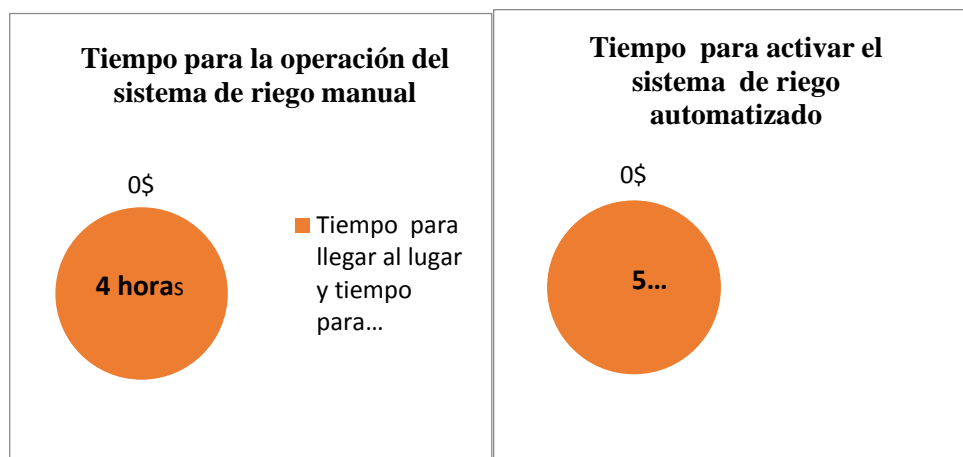


Figura 5-4: Tiempo de manipulación de la bomba de agua en relación con el sistema fotovoltaico

Elaborado por: José Escobar 2017

4.4 Protocolo de Kioto

Este Protocolo fue firmado el 11 Diciembre de 1997 dentro de la Convención Marco sobre Cambio Climático de la ONU (UNFCCC) es un acuerdo internacional que tiene por objetivo reducir las emisiones de gases de efecto invernadero que causan el calentamiento global: dióxido de carbono (CO₂), gas metano (CH₄). Para que el acuerdo entrase en vigor, ha sido necesario que 55 naciones que representan el 55% del total mundial de las emisiones de gases de efecto invernadero lo hayan ratificado. En la actualidad 164 países lo han ratificado o aceptado, lo que supone más del 61% de las emisiones, según datos de la UNFCCC. El acuerdo entró en vigor el 16 de febrero de 2005, después de la ratificación por parte de Rusia el 18 de noviembre de 2004.

El gobierno de Estados Unidos firmó el acuerdo pero no lo ratificó, por lo que su adhesión solo fue simbólica hasta el año 2001, en que se retiró del mismo, no porque no compartiese su idea de fondo de reducir las emisiones, sino porque considera que la aplicación del Protocolo es ineficiente e injusta al involucrar sólo a los países industrializados y excluir de las restricciones a algunos de los mayores emisores de gases en vías de desarrollo (China e India en particular), lo cual considera que perjudicaría gravemente la economía estadounidense. Otros países que tampoco lo han ratificado son Australia, Croacia y Kazahastan. (Jaume S, 2003)

4.5 Cumbre de Paris.

En la Conferencia de París sobre el Clima (COP21), celebrada en diciembre de 2015, 195 países firmaron el primer acuerdo vinculante mundial sobre el clima.

Para evitar un cambio climático peligroso, el acuerdo establece un plan de acción mundial que pone el límite del calentamiento global, 400 partes por millón (ppm).

El presente trabajo considera como importantes los acuerdos asumidos como nación en la Cumbre de Paris y llegar a generar una cultura de proyectos sostenibles aplicados al cuidado del medio ambiente, es así que con la implementación del proyecto fotovoltaico se dejan de emitir a la atmosfera 15,453Kg/km de CO₂ al año, cuidando la zona de gases contaminantes y del líquido vital.

4.6 Comprobación de Hipótesis

En relación a la hipótesis planteada: “¿Permite la evaluación de un sistema de control fotovoltaico basado en los índices de irradiación solar automatizar un sistema de riego en el sector de Huachi Grande barrio Nueva vida?”. Con todos los estudios y cálculos realizados en el proyecto se da contestación a la pregunta de la hipótesis que si permite automatizar el sistema de riego siempre y cuando la potencia de la bomba sea de ½ hp en caso de aumentar el proyecto como por ejemplo aumentar el área de riego o cambiar la potencia (hp) de la bomba de riego se necesitar realizar nuevos cálculos y nuevo diseño para la implementación.

El sistema está diseñado para tener una reserva de 3 horas de energía con el fin de suplir las necesidades agrícolas de la zona.

La implementación de proyecto cumple con el Protocolo Kioto, y ahora cumbre de paris donde el Ecuador también es miembro y se firmó la carta de compromiso, para bajar las emisiones de carbono y gases contaminantes.

También se contribuye a la Matriz energética del Ecuador. La principal ventaja es que la electricidad es generada con fuente renovable, aportando así a la seguridad energética debido a la continua disminución de las reservas de petróleo. La estructura de la generación eléctrica en Ecuador en 2014 fue: térmica (49,13%); hidráulica (45,57%); biomasa (1,59%); eólica (0,32%) y solar (0,07%)

CONCLUSIONES

- Se ha cumplido con los objetivos planteados lográndose la ejecución del proyecto. Los mapas solares o mapas de irradiación solar varían acorde a la geografía y ubicación alrededor del mundo. Lamentablemente el cambio climático afecta cada vez al planeta.
- Para obtener la radiación solar en todas las estaciones climáticas del año se ha dispuesto la dirección de los paneles tomando en cuenta la latitud del sector de Huachi Grande barrio “Nueva Vida” más 10° de inclinación en este caso mirando hacia el norte magnético de la tierra.
- El sistema está calculado para 1320 vatios de consumo. Para incrementar más equipos eléctricos de consumo se debe realizar nuevamente cálculos matemáticos para dimensionar el sistema. Caso contrario habrá falencias y daños en los equipos.
- Con el proyecto se pretende tener un modelo adecuado para la zona centro y en específico para el sector de Huachi Grande, con el uso de energía renovable y limpia estaremos contribuyendo a que la generación venidera tenga un planeta menos contaminado.
- La implementación del control automatizado dio beneficios como:
 - El aprovechamiento eficiente de un recurso vital como el agua, con base en el control y/o temporización; reflejada en ahorro y uso adecuado a fin de cumplir con la irrigación.
 - Eliminar la mano de obra en cuanto al control de las llaves y pasos de agua, dicha mano de obra se optimiza en otras actividades del terreno, logrando así una mejor administración agrícola.
 - Ampliar áreas agrícolas donde el agua de regadío no llega, áreas que han sido abandonadas por la falta del recurso hídrico.
 - En la zona donde se encuentra instalado el proyecto el servicio de internet público es limitado o inexistente, por lo que se tomó la decisión de implementar comunicación GSM GPRS móvil debido a que la infraestructura celular es la predominante en el sector.

RECOMENDACIONES

- Según los científicos de la NASA la capa de ozono en septiembre de 2015, el agujero se redujo aproximadamente 4 millones de kilómetros cuadrados, el agujero se está regenerando, sin embargo, estamos en la obligación de seguir cuidando el planeta. Para mejorar la calidad del aire, el agua y el medio ambiente en general, se recomienda el uso de energías renovables como la solar, eólica, geotérmica, biomasa etc., a fin de mantener el ecosistema y las futuras generaciones puedan desarrollarse en un medio ambiente cada vez menos contaminado.
- Al implementar un sistema fotovoltaico se deben considerar las características de la zona, el clima y la tecnología en cuanto a paneles solares existentes en el mercado, para así realizar el dimensionamiento adecuado de los proyectos fotovoltaicos
- Una recomendación importante al momento de conectar el regulador de voltaje. Primero se debe conectar los terminales de la batería al regulador y luego los terminales de los paneles solares para evitar el daño en el regulador de voltaje.
- El proyecto al tener visión social se recomienda implementarlo en zonas donde el acceso a la energía hidroeléctrica se encuentra limitado o la generación eléctrica resulte costosa, como muchas zonas a lo largo y ancho del país.
- Existen lugares donde acceso de internet es limitado, incluso aún hay zonas en las que la telefonía celular no tiene cobertura, en este caso la programación del sistema de monitoreo será manual, sin descartar el pleno funcionamiento del sistema de riego

TRABAJO FUTURO

Se pretende que el proyecto sea un modelo y se pueda implementar en las demás comunidades de la zona, con el fin de ahorrar energía eléctrica, mano de obra, y optimizar el recurso natural como agua.

BIBLIOGRAFÍA

- SENPLADES** (2013). “*Plan Nacional del Buen Vivir*”. Obtenido de:
http://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/07/Plan_Nacional_para_el_Buen_Vivir.pdf
- REYES, C.** (2009). “*Microcontroladores pic basic*”. Obtenido de:
https://xxbenjiux.files.wordpress.com/2011/10/microcontroladores_pic.pdf.
- Corrales, L. (2007). “*Interfaces de Comunicación Industrial*”. Obtenido de:
www.localadm.com/c/scada-0200003188561-1910877.
- BOLTON, W.** (1996). “*Instrumentación y control industrial*” Obtenido de:
<https://www.casadellibro.com/libro-instrumentacion-y-control-industrial/9788428322799/519886>
- OGATA, K.** (2014). “*Sistemas de control en tiempo discreto*”. Obtenido de:
<http://davidtutoriales.blogspot.es/tags/tutoriales/>
- KUO, B.** (2014).” *Sistemas de control automático* “Obtenido de:
<http://davidtutoriales.blogspot.es/tags/tutoriales/>.

ANEXOS

Anexo A: Código fuente de arduino

```
#incluye<Wire.h>

#include <LCD.h>

#include <LiquidCrystal_I2C.h>

#include <SoftwareSerial.h>

SoftwareSerialSIM900(10, 11);

LiquidCrystal_I2C lcd( 0x3F, 2, 1, 0, 4, 5, 6, 7, 3, POSITIVE );

charincoming_char=0;

String dato=""; // guardo SMS Filtrado

String val="";

int Relé1=25;

int Relé2=27;

int Relé3=29;

int Relé4=31;

void setup()

{

digitalWrite(Relé1, HIGH);

digitalWrite(Relé2, HIGH);

digitalWrite(Relé3, HIGH);

digitalWrite(Relé4, HIGH);

Serial.begin(19200); // for serial monitor
```

```
SIM900.begin(19200); // for GSM shield

pinMode(Rele1, OUTPUT);

pinMode(Rele2, OUTPUT);

pinMode(Rele3, OUTPUT);

pinMode(Rele4, OUTPUT);

delay(5000); // give time to log on to network.


SIM900.print("AT+CMGF=1\r"); // set SMS mode to text

delay(500);

SIM900.print("AT+CNMI=2,2,0,0,0\r");

// blurt out contents of new SMS upon receipt to the GSM shield's serial out

delay(500);

Serial.println("Listo");

lcd.begin(16,2);

Serial.begin(9600);

lcd.setCursor(0,0);

lcd.print("Listo");

delay(1000);

lcd.clear();

}

void loop()

{


//SIM900.listen();
```

// Now we simply display any text that the GSM shield sends out on the serial monitor

if(SIM900.available() >0)

{

**dato=SIM900.readString().substring(51,53); //51 53 Filtros substring Movistar CNT = 49
,57**

Serial.print("DATO ENTRADA: ");

Serial.println(dato); //Print the incoming character to the terminal.

}

lcd.setCursor(0,0);

lcd.print("V1 V2 V3 V4");

if(dato=="P1")

{

digitalWrite(Rele1, LOW);

lcd.setCursor(0,1);

lcd.print("ON ");

}

if(dato=="P2")

{

digitalWrite(Rele1, HIGH);

lcd.setCursor(0,1);

lcd.print("OFF");

```
}
```

```
if(dato=="P3")
```

```
{
```

```
digitalWrite(Rele2, LOW);
```

```
lcd.setCursor(4,1);
```

```
lcd.print("ON ");
```

```
}
```

```
if(dato=="P4")
```

```
{
```

```
digitalWrite(Rele2, HIGH);
```

```
lcd.setCursor(4,1);
```

```
lcd.print("OFF");
```

```
}
```

```
if(dato=="P5")
```

```
{
```

```
digitalWrite(Rele3, LOW);
```

```
lcd.setCursor(8,1);
```

```
lcd.print("ON ");
```

```
}
```



```
if(dato=="P6")  
  
{  
  
digitalWrite(Rele3, HIGH);  
  
lcd.setCursor(8,1);  
  
lcd.print("OFF");  
  
}  
  
if(dato=="P7")  
  
{  
  
digitalWrite(Rele4, LOW);  
  
lcd.setCursor(12,1);  
  
lcd.print("ON ");  
  
}  
  
if(dato=="P8")  
  
{  
  
digitalWrite(Rele4, HIGH);  
  
lcd.setCursor(12,1);  
  
lcd.print("OFF");  
  
}  
  
}
```

CODIGO FUENTE DE APP INVENTOR

The screenshot displays the App Inventor web interface for a project titled "ENVIO_DE_MENSAJE". The interface is divided into several sections:

- Header:** Shows the project name "ENVIO_DE_MENSAJE" and navigation buttons for "Screen1", "Add Screen...", and "Remove Screen".
- Blocks Panel:** Located on the left, it lists various components and their associated blocks, including Text, Lists, Colors, Variables, Procedures, and a list of On/Off click events (ON1-ON4, OFF1-OFF4) for the "EnviarTexto1" component.
- Viewer:** The central workspace where the visual logic is built. It contains several event-driven code blocks:
 - when EnviarTexto1 MessageReceived:** A block that triggers when a message is received, containing a "do" block with "set EnviarTexto1 Message to" and "call EnviarTexto1 SendMessage".
 - when ON1 Click:** A block that triggers on a click, containing a "do" block with "set EnviarTexto1 Message to", "set EnviarTexto1 PhoneNumber to", and "call EnviarTexto1 SendMessage".
 - when ON2 Click:** A block that triggers on a click, containing a "do" block with "set EnviarTexto1 Message to", "set EnviarTexto1 PhoneNumber to", and "call EnviarTexto1 SendMessage".
 - when ON3 Click:** A block that triggers on a click, containing a "do" block with "set EnviarTexto1 Message to", "set EnviarTexto1 PhoneNumber to", and "call EnviarTexto1 SendMessage".
 - when ON4 Click:** A block that triggers on a click, containing a "do" block with "set EnviarTexto1 Message to", "set EnviarTexto1 PhoneNumber to", and "call EnviarTexto1 SendMessage".
 - when OFF1 Click:** A block that triggers on a click, containing a "do" block with "set EnviarTexto1 Message to", "set EnviarTexto1 PhoneNumber to", and "call EnviarTexto1 SendMessage".
 - when OFF2 Click:** A block that triggers on a click, containing a "do" block with "set EnviarTexto1 Message to", "set EnviarTexto1 PhoneNumber to", and "call EnviarTexto1 SendMessage".
 - when OFF3 Click:** A block that triggers on a click, containing a "do" block with "set EnviarTexto1 Message to", "set EnviarTexto1 PhoneNumber to", and "call EnviarTexto1 SendMessage".
 - when OFF4 Click:** A block that triggers on a click, containing a "do" block with "set EnviarTexto1 Message to", "set EnviarTexto1 PhoneNumber to", and "call EnviarTexto1 SendMessage".
- Right Panel:** Contains a "Show Warnings" button and a trash icon.