

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

COLEGIO CIENCIAS E INGENIERIAS

HOJA DE CALIFICACIÓN
DE TRABAJO DE TITULACIÓN

Diseño para generación fotovoltaica para un sistema de
riego en un terreno de Guayllabamba

Milton Vinicio Silva Vivanco

Calificación: A

Nombre del profesor, Título académico:

Alberto Sánchez, Ph.D.

Firma del profesor:

x 

Quito, 5 de mayo de 2019

Derechos de Autor

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Firma del estudiante:



Nombres y apellidos:

Milton Vinicio Silva Vivanco

Código:

00112665

Cédula de Identidad:

1718313172

Lugar y fecha:

Quito, 5 de mayo de 2019

RESUMEN

El documento presenta el proyecto de Diseño para generación fotovoltaica para un sistema de riego en un terreno de Guayllabamba. En el diseño se contemplan tres modos de funcionamiento del sistema: control manual, control remoto y control automático. Para este proyecto se presenta los documentos de ingeniería de las bases y criterios de diseño, la memoria de cálculo, los planos de instalación y requisición de materiales. En la memoria de cálculo se especifica todo el diseño necesario para la instalación de este sistema y con los planos del proyecto se puede hacer la implementación de este. La requisición de materiales muestra todos los materiales que se deben adquirir para la implementación basada en el diseño realizado.

Palabras clave: Instalación, diseño, fotovoltaico, sistema, riego, eléctrico, electrónico, remoto, manual, automático, ingeniería, panel, solar, bomba.

ABSTRACT

This document presents the engineering project for the design of a photovoltaic generation system for an irrigation system in Guayllabamba. The design includes three possible operation configurations: manual control, remote control and automatic control. The engineering documents that are presented for this project are the following: Fundamentals and design criteria, the Engineering Report, the installation plans and the material requisition.

Key words: Installation, design, photovoltaic, system, irrigation, electrical, electronic, remote, manual, automatic, engineering, panel, solar, pump.

INDICE

INTRODUCCIÓN.....	7
BASES Y CRITERIOS DE DISEÑO	9
MEMORIA DE CÁLCULO DEL DISEÑO PARA GENERACIÓN FOTOVOLTAICA PARA UN SISTEMA DE RIEGO	22
REQUERIMIENTO DE MATERIALES.....	40
ANEXOS	46

INTRODUCCIÓN

Una instalación fotovoltaica es la utilización de paneles solares para generar energía eléctrica y es indispensable la generación de energía eléctrica para poner en marcha un sistema de riego. Existen varias formas de producir energía eléctrica para que funcione un sistema de riego. Sin embargo, utilizar energía solar es servirse de un recurso renovable que produce energía inagotable y limpia sin contaminar el medio ambiente. (Méndez Muñiz & Garcia, 2007)

Para el diseño de una instalación eléctrica se deben desarrollar procesos que se presentan en los siguientes documentos de ingeniería: Las bases y criterios de diseño, la memoria técnica de cálculo, los planos de instalación de la facilidad y el requerimiento de materiales para la instalación.

Los procesos mencionados son los requisitos exigidos para llegar al objetivo de este proyecto, que es realizar el diseño de un sistema de generación de energía fotovoltaica para alimentación de un sistema de riego que suplirá las necesidades de un terreno agrícola situado en la parroquia de Guayllabamba.

La importancia de este trabajo radica en la aplicación de la ingeniería eléctrica y electrónica a un proyecto real que sea sustentable y que al ser efectivo sea también replicable, convirtiéndose en un proyecto de relevancia dentro del área de ingeniería eléctrica y que además sea factible su aplicación dentro del contexto ecuatoriano.

El documento de las bases y criterios de diseño de un sistema de generación fotovoltaica para un sistema de riego permitirá control manual, control por horas y control Remoto.

El alcance del proyecto comprende la selección y cálculo de los distintos componentes desde la bomba hasta el panel y baterías. Se considera para este efecto información del tipo de sistema de riego, caudal, y cantidad de agua a bombear, superficie a irrigar y sembríos. Por otro lado se utiliza información de la radicación solar en la ubicación geográfica del predio; además del dimensionamiento del sistema fotovoltaico necesario para el funcionamiento del sistema de riego.

A continuación se presentan todos los documentos requeridos para empezar con la implementación del proyecto en formato de documento de ingeniería, tal cual fueron elaborados, es decir en formato y con control de cambios.

BASIS Y CRITERIOS DE DISEÑO

 BASES Y CRITERIOS DE DISEÑO PARA GENERACIÓN FOTOVOLTAICA PARA UN SISTEMA DE RIEGO	
Departamento:	Ingeniería Electrónica
Documento:	BASES Y CRITERIOS DE DISEÑO PARA GENERACIÓN FOTOVOLTAICA PARA UN SISTEMA DE RIEGO
Código del Documento:	USFQ-00112665 – BCD - 0

Revisión	Fecha	Próxima revisión:	Revisado por:	Aprobado por:
A	30/8/2018	B	Alberto Sánchez	Alberto Sánchez
B	3/9/2018	C	Alberto Sánchez	Alberto Sánchez
C	6/9/2018	0	Alberto Sánchez	Alberto Sánchez
0	10/3/2019	1	Alberto Sánchez	Alberto Sánchez
1		N/A		

Tabla 1.- Cronograma de revisiones

No. Revisión	Fecha	Páginas Revisadas	Motivo de la Revisión	Responsable de Revisión
A	30/8/2018	1 a 10	Revisión Alcance	Alberto Sánchez
B	3/9/2018	1 a 10	Revisión Alcance	Alberto Sánchez
C	6/9/2018	1 a 10	Presentación	Alberto Sánchez
0	10/3/2019	1 a 10	Revisión Alcance	Alberto Sánchez
1				

Tabla 2.- Historial de Revisiones



INDICE

1. OBJETIVOS.....	3
2. ALCANCE.....	3
3. DEFINICIONES:	3
3.1 ABREVIATURAS	4
4. ESTANDARES, NORMAS TECNICAS Y BASES DE DISEÑO	5
4.3.1. RIEGO SUPERFICIAL	6
4.3.2. NECESIDADES DE RIEGO	7
5. INSOLACIÓN SOLAR PROMEDIO.....	7
6. CRITERIOS DE DISEÑO	10



1. OBJETIVOS

- Realizar el diseño de un sistema de generación de energía fotovoltaica para alimentación de un sistema de riego para suplir las necesidades de un terreno agrícola situado en la parroquia de Guayllabamba.
- Realizar cálculo de demanda y diseño eléctrico para el control del sistema de riego.
- Diseñar y elaborar los planos eléctricos para la instalación y el montaje de la facilidad.
- Diseñar un sistema de monitoreo y control remoto de la facilidad.

2. ALCANCE

El documento presenta las bases y criterios de diseño de un sistema de generación fotovoltaica para un sistema de riego. Este sistema de generación permitirá:

- a) Control manual.
- b) Control por horas.
- c) Control Remoto.

El alcance del proyecto comprende la selección y cálculo de los distintos componentes desde la bomba hasta el panel y baterías. Se considera para este efecto información del tipo de sistema de riego, caudal y cantidad de agua a bombear, superficie a irrigar y sembríos. Por otro lado se utiliza información de la radiación solar en la ubicación geográfica del predio; Además, del dimensionamiento del sistema fotovoltaico necesario para el funcionamiento del sistema de riego.

3. DEFINICIONES:

- **Perímetro de riego:** Es el conjunto de estructuras, que hace posible que una determinada área pueda ser cultivada con la aplicación del agua necesaria a las plantas. (Aguamarket Diccionario, 2017)
- **Celda solar o celda fotovoltaica:** El más pequeño elemento semiconductor de un módulo fotovoltaico (PV) para realizar la conversión inmediata de luz solar en electricidad. (Maximo Solar industries , 2017)
- **Conexión en paralelo:** Método de conexión en el cual todos los bornes positivos y negativos se juntan. Si los módulos son todos iguales, la corriente se suma y la tensión permanece igual. (Maximo Solar industries , 2017)
- **Conexión en serie:** Método de conexión en el cual el borne positivo de un módulo se conecta al borne negativo del siguiente y así sucesivamente. Si los módulos son todos iguales, el voltaje se suma y la corriente permanece igual. (Maximo Solar industries , 2017)
- **Constante solar:** Cantidad de energía solar que incide sobre una superficie de 1 m² por segundo, cuando ésta se halla en el tope de la atmósfera a la distancia media sol-tierra. Su valor es aproximadamente 1,36 kW/m². (Enciclopedia Universal , 2017)
- **Consumo eléctrico:** Número de Vatios hora (Wh) o Kilovatios hora (kWh) utilizados para que funcione un aparato eléctrico durante un tiempo. Depende de la potencia del aparato y del tiempo que esté funcionando. (Enciclopedia Universal , 2017)
- **Eficiencia energética:** Está asociada al concepto de conservación de la energía, pero no puede entenderse solamente como una reducción del consumo. Los países de América Latina tienen un desafío doble, crear las condiciones para una adecuada calidad de vida de toda la población, que en muchos casos necesita aumentar su consumo de energía, y al mismo tiempo reducir la cantidad de energía que es convertida en bienes y servicios. (Maximo Solar industries , 2017)



- **Energía primaria:** Se entiende por energía primaria a las distintas fuentes de energía tal como se obtienen en la naturaleza, ya sea: en forma directa como en el caso de la energía hidráulica, eólica o solar, la leña y otros combustibles vegetales; o después de un proceso de extracción como el petróleo, carbón mineral, geoenergía, etc. (Enciclopedia Universal , 2017)
- **Energía renovable:** Las energías de origen renovable, son consideradas como fuentes de energía inagotables, con las siguientes características: suponen un nulo o escaso impacto ambiental. Utilizan para la generación de energía recursos continuos o renovables.
Se entiende como recursos continuos a los recursos inagotables y corresponden a fuentes de energía cuya oferta no se ve afectada por la actividad humana. ej.: la radiación y la energía eólica. (Maximo Solar Industries , 2017)
- **Intensidad eléctrica:** Magnitud eléctrica definida como la cantidad de carga que pasa a través de la sección de un cable conductor en un segundo. Se mide en Amperios (A). (CONELEC, 2016)
- **Luminancia:** Resultado que se obtiene al dividir la intensidad luminosa de una superficie entre su área aparente para un observador alejado de ella. (Enciclopedia Universal , 2017)
- **Radiación:** Emisión de energía o de partículas que producen algunos cuerpos y que se propaga a través del espacio. (Enciclopedia Universal , 2017)
- **Irradiación:** Es la magnitud utilizada para describir la potencia incidente por unidad de superficie de todo tipo de radiación electromagnética, por lo que su unidad es el kW/m². (Enciclopedia Universal , 2017)
- **Insolación:** Densidad de energía solar recibida en un determinado periodo de tiempo, medido en Wh/m², o si es por día, Wh/m²/día. La misma que se clasifica como directa o difusa: (CONELEC, 2016)
- **Insolación Directa:** Es aquella radiación que se recibe cuando los rayos solares no se difuminan o desvían a su paso por la atmósfera terrestre, por ejemplo, por la interferencia de nubosidad. Esta radiación incide sobre cualquier superficie con un único y preciso ángulo de incidencia. (CONELEC, 2016)
- **Insolación Difusa:** Se obtiene en la superficie como resultado de la dispersión de una parte de ella en la propia atmósfera. (CONELEC, 2016)
- **Sistema Autónomo de generación:** produce energía eléctrica para satisfacer el consumo de cargas eléctricas no conectadas a la red, empleando un sistema de acumulación energético para hacer frente a los períodos en los que la generación es inferior al consumo. (Rocobert Delgado, Busquets Monge, & Bordonau Farrerons, 2009)

3.1 ABREVIATURAS

GSM	Global System for Mobile
NEC	Norma Ecuatoriana de la Construcción
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
AWG	American Wire Gauge
KW-h	Kilo Watts Hora
W	Vatios
INEN	Instituto Ecuatoriano de Normalización
WGS84	World Geodetic System
IRM	Informe de Regulación Metropolitana
UPA	Unidades Productivas Agropecuarias

Tabla 3.-Abreviaturas



4. ESTANDARES, NORMAS TECNICAS Y BASES DE DISEÑO

El presente proyecto cumplirá las Leyes que están en vigencia en el Ecuador a la terminación del presente:

NEC – CAP1, SECCION 110	Requisitos Para Las Instalaciones Eléctricas
NEC – CAP 2, SECCION 250	Puesta a Tierra
NEC – SECCION 675-C	Puesta a tierra maquinarias de Irrigación Eléctricas o Con Mandos Eléctricos
IEEE 1013-2007	IEEE Recommended Practice for Sizing Lead-Acid Batteries for Stand-Alone Photovoltaic (PV) Systems
IEEE 1562-2007	IEEE Guide for Array and Battery Sizing in Stand-Alone Photovoltaic (PV) Systems
NTE INEN-IEC/TS 61836	SISTEMAS DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA – TÉRMINOS, DEFINICIONES Y SÍMBOLOS
CPE19-INEN	Código Eléctrico Nacional, Instituto Ecuatoriano de Normalización

Las normas que presiden los diseños y cálculos del presente proyecto son las normas INEN

4.1 UNIDADES DE MEDICIÓN

Variable	Abreviatura	unidad	Símbolo
Voltaje	V	Voltios	V
Corriente	I	Amperios	A
Resistencia	R	OHMIOS	Ω
Frecuencia	f	Hertz	Hz
Resistividad	ρ	OHMIOS/METRO	$\Omega.m$
Tiempo	T	SEGUNDOS	s
Distancia	m	METROS	m
Capacidad Térmica	TCAP	Joules/centímetro cubico *grado centígrado	J/(cm ³ .C°)
Temperatura	Tr	Grados centígrados	°C
Potencial	V	Voltios	V
Área	A	METRO CUADRADO	m ²
Impedancia	Z	OHMIOS	Ω

Tabla 4.- Unidad de Medición



4.2 UBICACIÓN Y CONDICIONES DEL SITIO

El predio en donde se proyecta instalar este sistema se encuentra ubicado en el Cantón Quito, Parroquia Guayllabamba y barrio Puruantag.

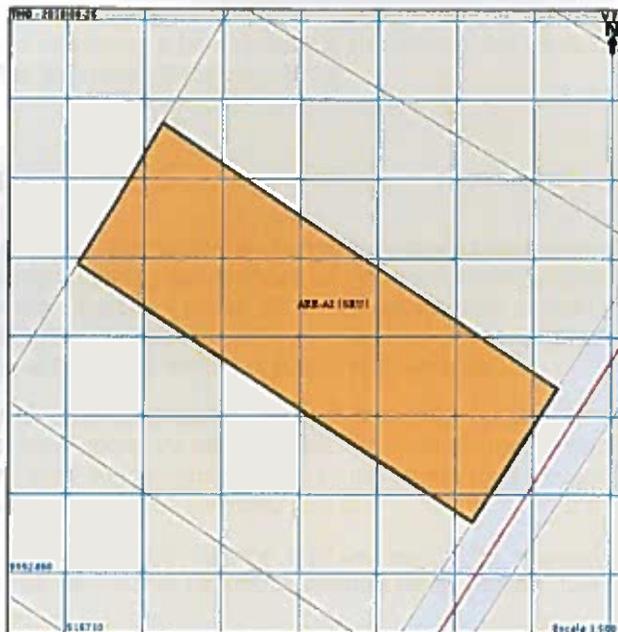


Figura 1.- Ubicación de terreno Guayllabamba

El predio presenta condiciones favorables para la implementación de un sistema de riego alimentado por energía fotovoltaica, debido a que en la parroquia Guayllabamba, Cantón Quito, Provincia de Pichincha existe una irradiación solar de alrededor de 5250 KWh/m²/día; como se presenta en la Figura 3.- Insolación Solar Directa Promedio para lo cual se desarrolla el estudio denominado "Diseño de una instalación de generación fotovoltaica para un sistema de riego."

4.3 SISTEMAS DE RIEGO

Se conoce como sistema de riego al conjunto de estructuras que permite que una determinada área pueda ser cultivada gracias a la aplicación de agua necesaria y suficiente para un cultivo. (Aguamarket Diccionario, 2017)

4.3.1. RIEGO SUPERFICIAL

Los dos sistemas de riego automáticos que son viables para este proyecto son los siguientes:

- **Riego por aspersión:**

El método de riego por aspersión se basa en convertir la energía de presión en energía de velocidad a la salida de la boquilla del aspersor en forma de chorro; mientras dicho chorro de agua pasa sobre el terreno del campo este se esparce en forma de gotas de agua, las cuales al reunirse con el aire caen a la superficie del suelo. (García Casillas & Briones Sánchez , 2015)

Un sistema de riego por aspersión consiste en una red de tuberías con aspersores acoplados a ellos. Estos aspersores están arreglados de tal manera, que puedan distribuir la precipitación del agua de riego lo más uniformemente posible sobre los cultivos en el área de irrigación. (García Casillas & Briones Sánchez , 2015)



- **Riego por Goteo:**

Un sistema de riego por goteo es aquel en el que se aplica agua filtrada dentro o sobre el suelo directamente a cada planta en forma individual. (García Casillas & Briones Sánchez , 2015)

Este método se realiza utilizando líneas laterales que corren a lo largo de cada hilera del cultivo. Los "emisores que son anexados a la línea lateral suministran las necesidades de agua a cada planta. (García Casillas & Briones Sánchez , 2015)

4.3.2. NECESIDADES DE RIEGO

El predio motivo del presente análisis se encuentra localizado en la parroquia Guayllabamba, se trata de un valle de clima templado semitropical, ubicado a aproximadamente 25 Km de la ciudad de Quito. Esta parroquia se sitúa a orillas del río Guayllabamba y alcanza una altura de hasta 1.890 m.s.n.m. Condiciones favorables para el cultivo de diversos productos como cítricos y legumbres, por lo que el predio se destinará a este tipo de cultivos.

Programar los riegos es un procedimiento para predecir las necesidades de agua de la planta a futuro, basándose en mediciones ya establecidas. La práctica de la programación de los riegos hace un amplio contraste con el proceso de regar teniendo en cuenta un predeterminado intervalo. (García Casillas & Briones Sánchez , 2015)

El tiempo promedio de riego para cultivos cítricos, según "El manual de riego para paltos (Aguacate) y cítricos" es de 3 horas usando el método de aspersión. (Gil M., Sellés Van Sch, & Ferreyra E., 2009)

5. INSOLACIÓN SOLAR PROMEDIO

La cantidad de energía solar que llega a una superficie, es medida en Vatio/hora/metro². El Consejo Nacional de Electricidad (CONELEC), con la necesidad de contar con un documento técnico que proporcione la cantidad de radiación (insolación); proporciona las siguientes tablas:

Insolación Difusa Promedio

Se denomina radiación difusa al resultado de la dispersión de la radiación solar por la atmósfera. La insolación difusa es aquella recibida de la atmósfera como consecuencia de la dispersión de parte de la radiación del sol en la misma. Esta energía podría suponer aproximadamente un 15% de la insolación en los días soleados, pero en los días nublados, en los cuales la insolación directa es muy baja, la insolación difusa supone un porcentaje mucho mayor.

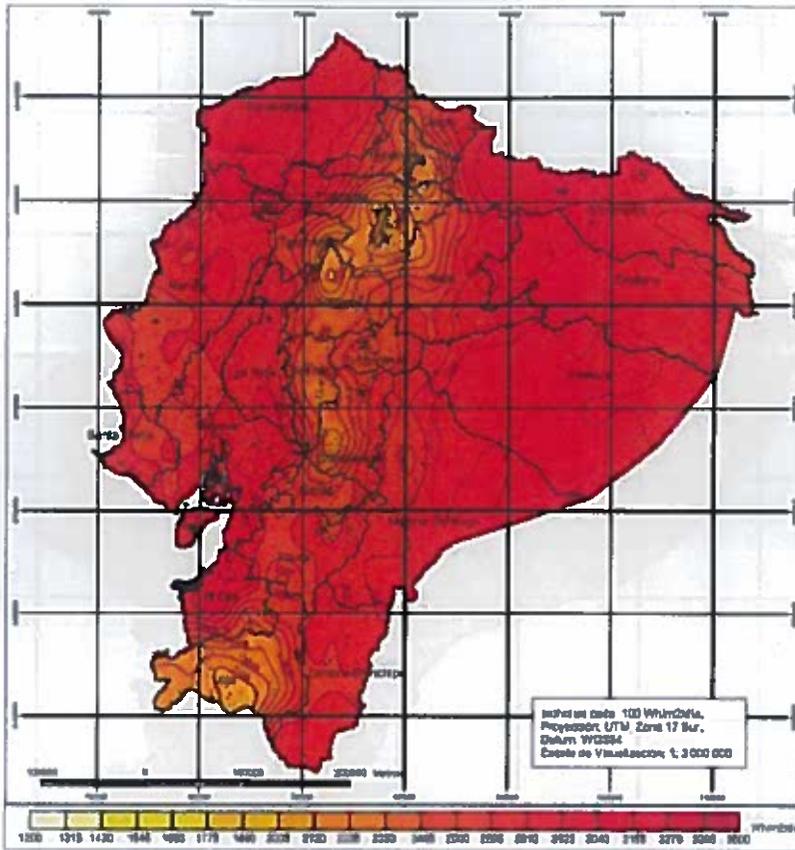


Figura 2.- Insolación Solar Difusa Promedio (CONELEC, 2016)

La radiación difusa promedio en Ecuador, durante un año, según el CONELEC, presenta los siguientes valores:

Valor máximo: 3105 Wh/m²/día
Valor Mínimo: 2032 Wh/m²/día
Valor Promedio: 2737.05 Wh/m²/día

Insolación Directa Promedio

Se denomina insolación directa a la radiación que llega a la superficie cuando los rayos solares no se difuminan o se desvían a su paso por la atmósfera terrestre, por ejemplo, por fenómenos atmosféricos o condiciones climáticas.

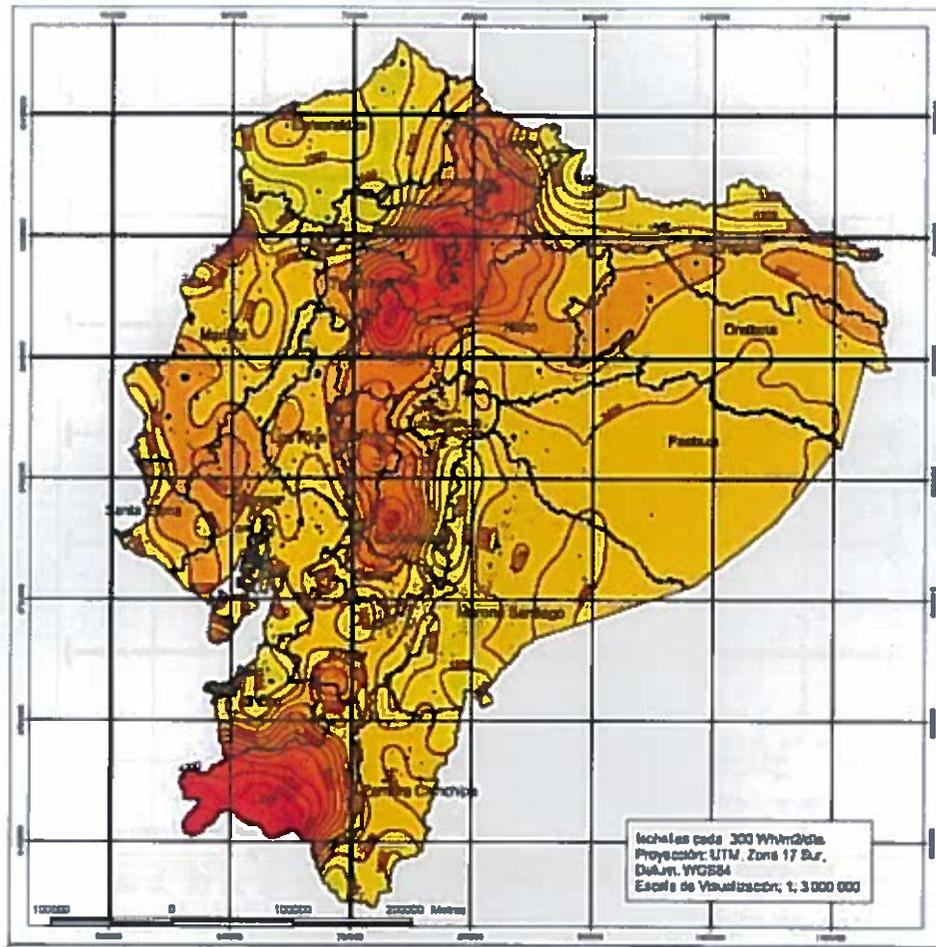


Figura 3.- Insolación Solar Directa Promedio (CONELEC, 2016)

La radiación difusa promedio en Ecuador, durante un año, según el CONELEC, presenta los siguientes valores:

Valor máximo: 5119 Wh/m²/día
Valor Mínimo: 1147 Wh/m²/día
Valor Promedio: 2737.05 Wh/m²/día

Insolación Promedio

Para el desarrollo de este documento se utilizan los valores promedio proporcionados por el CONELEC, datos que se muestran en la Figura 4.

La cantidad de insolación global o total que incide al día sobre los módulos solares, se expresa en kWh/m²/día o su equivalente en horas de Sol máximo u horas de sol pico (HSP). Dividiendo el valor dado por el Atlas entre 1000 para obtener Kilovatios, ya que las unidades del Atlas están en Wh/m²/día

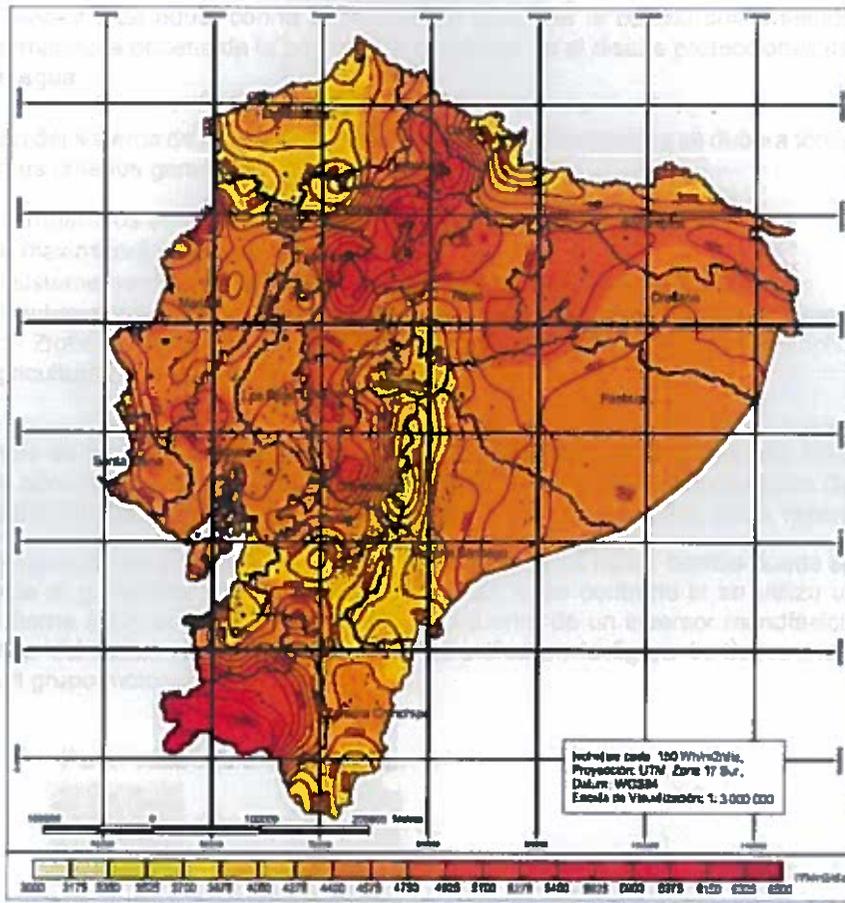


Figura 4.- Insolación Solar Promedio en Ecuador (CONELEC, 2016)

La radiación difusa promedio en Ecuador, durante un año, según el CONELEC, presenta los siguientes valores:

Valor máximo: 5748 Wh/m²/día
Valor Mínimo: 3634 Wh/m²/día
Valor Promedio: 3014.093 Wh/m²/día

6. CRITERIOS DE DISEÑO

Ecuador presenta gracias a su ubicación geográfica una insolación promedio de 457.99 Wh/m²/día (CONELEC, 2016), el predio objeto del desarrollo de este trabajo a su vez presenta un promedio de 5250 Wh/m²/día, lo que favorece a la implementación de un sistema fotovoltaico que a su vez proporcionará la energía para un sistema de riego. Se considera que para este proyecto se utilizara un sistema de riego por aspersión porque este método es el que más energía consume y ya que se desea tener un sistema óptimo para cualquier método se realizarán los cálculos para el mayor consumo de energía posible, para lo cual se debe tomar en cuenta factores:

- Obtener la mínima presión de agua en el punto más distante.
- El alcance de los aspersores se considerará de 5m.
- La red de tuberías adecuadas para el sistema de irrigación, se considerará la tubería de 3/4".



- Reservorio de agua; con la capacidad de alimentar la bomba por el tiempo en el que permanezca encendida la bomba. Se considerará en el diseño protecciones por bajo nivel de agua.

En el diseño del sistema de riego energizado por paneles fotovoltaicos se deberá tomar en cuenta los siguientes criterios generales.

- Se irrigará los sembríos de acuerdo a una programación establecida
- Se maximizará el uso de la energía solar.
- El sistema permitirá control manual, automático y remoto vía GSM.
- El sistema proveerá de las facilidades para incorporar a futuro infraestructura compatible con Zigbee para enlazarse con una red de sensores inalámbricos para aplicaciones de agricultura de precisión.

Los sistemas de bombeo solar fotovoltaico están compuestos de un generador fotovoltaico, un sistema de acondicionamiento de potencia (opcional), un sistema de acumulación (baterías), un sistema motor-bomba, un sistema de tuberías y una fuente de agua (río, pozo, reservorio).

Como la generación es en corriente continua (CD), el sistema motor-bomba puede ser acoplado directamente al generador si se utiliza un motor CD, caso contrario si se utiliza un motor de corriente alterna (AC), el sistema motor-bomba requerirá de un inversor monofásico o trifásico dependiendo del motor AC elegido tal como se indica en la figura 5. Se considera en este proyecto un grupo motor-bomba DC.

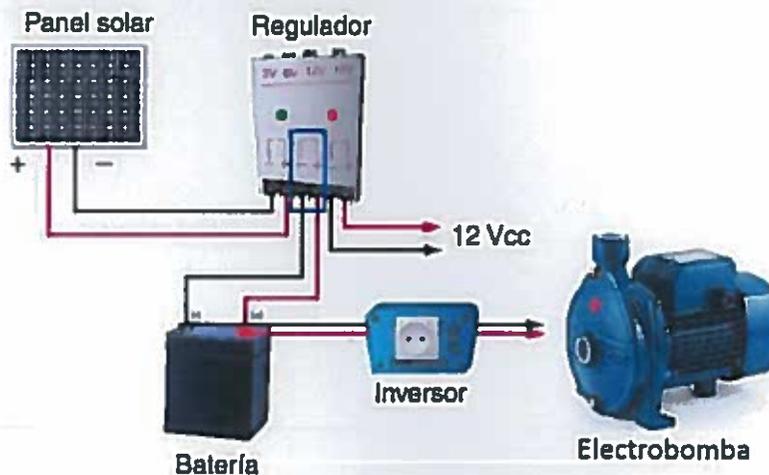


Figura 5.- Esquema del sistema eléctrico

FIN DEL DOCUMENTO

Referencias

Aguamarket. (2017). Diccionario. 1 de Septiembre del 2018, de Aguamarket Sitio web: <http://www.aguamarket.com/diccionario/terminos.asp?Id=743&termino=riego%2C+sistemas+>

CONELEC. (2016). CARTA TEMÁTICA . *ATLAS SOLAR DEL ECUADOR*.

Francisco de Paula Mellado. 2017. Enciclopedia Universal. En Enciclopedia Universal (2, 140) Barcelona: Editorial Montaner y Simón.

Casillas, I., Sánchez, G. (2015). Sistemas de riego: por aspersión y goteo. México: Trillas.

Gil, P. Sellés, G. (2009). Manual de riego para paltos y cítricos. Chile: INIA, Centro Regional de Investigación La Cruz, InovaChile.

Maximo Solar industries. (2017). Diccionario de términos Fotovoltaicos. 1 de septiembre del 2018, de Maximo Solar industries Sitio web: <http://www.maximosolar.com/es/aprende/diccionario>

Cáceres, J. (2013). Desarrollo de sistema autónomo innovador para la generación de energía eléctrica a partir de energía eólica y fotovoltaica. Barcelona: ITCA Editores.

MEMORIA DE CÁLCULO DEL DISEÑO PARA GENERACIÓN FOTOVOLTAICA PARA UN SISTEMA DE RIEGO



MEMORIA DE CÁLCULO DEL DISEÑO PARA GENERACIÓN FOTOVOLTAICA PARA UN SISTEMA DE RIEGO

Departamento:	Ingeniería Electrónica
Documento:	MEMORIA DE CÁLCULO DEL DISEÑO PARA GENERACIÓN FOTOVOLTAICA PARA UN SISTEMA DE RIEGO
Código del Documento:	USFQ-00112665 – DMC - 1

Revisión:	Fecha:	Próxima Revisión:	Elaborado por:	Revisado por :	Aprobado por :
A	19/11/2018	29/11/2018	MILTON SILVA	ALBERTO SANCHEZ	ALBERTO SANCHEZ
0	29/11/2018	06/02/2019	MILTON SILVA	ALBERTO SANCHEZ	ALBERTO SANCHEZ
1	06/02/2019	N/A	MILTON SILVA	ALBERTO SANCHEZ	ALBERTO SANCHEZ

Figura 1. - Cronograma de revisiones

No. Revisión:	Fecha:	Páginas Revisadas:	Motivo de la Revisión:
A	29/11/2018	TODAS	Emitido para Revisión
0	06/02/2019	TODAS	Emitido para Revisión
1	06/02/2019	TODAS	Emitido para Presentación

Figura 2. - Historial de Revisiones



**MEMORIA DE CÁLCULO
DEL DISEÑO PARA
GENERACIÓN
FOTOVOLTAICA PARA
UN SISTEMA DE RIEGO**

Departamento:	Ingeniería Electrónica
Código No.:	USFQ-00112665 – DMC - 1
Página No.:	2 of 17

INDICE

1. OBJETIVO.....	3
2. ALCANCE	3
3. REFERENCIA	3
4. DIAGRAMA GENERAL DEL SISTEMA HIDRÁULICO	4
5. CÁLCULO PERDIDAS DE PRESIÓN POR FRICCIÓN.....	4
6. CÁLCULO POTENCIA ABSORBIDA POR LA BOMBA	8
7. CÁLCULO DEMANDA DE ENERGÍA.....	9
8. CÁLCULO DE NÚMERO DE PANELES SOLARES	10
10. CÁLCULO DE NÚMERO DE BATERIAS NESESARIAS PARA EL SISTEMA	13
11. DIMENSIONAMIENTO REGULADOR DE CARGA.....	14
12. DIMENSIONAMIENTO DEL CONDUCTOR.....	15
13. ANEXOS.....	17



**MEMORIA DE CÁLCULO
DEL DISEÑO PARA
GENERACIÓN
FOTOVOLTAICA PARA
UN SISTEMA DE RIEGO**

Departamento:	Ingeniería Electrónica
Código No.:	USFQ-00112665 – DMC - 1
Página No.:	3 of 17

1. OBJETIVO

Este documento tiene como objetivo presentar el diseño de un sistema de suministro de energía fotovoltaica para alimentar un sistema de riego de un terreno agrícola situado en la parroquia de Guayllabamba, para lo cual se realizará el cálculo de la demanda de energía y diseño eléctrico para la alimentación del sistema de riego, así como también se presentan los planos eléctricos necesarios para la instalación y el montaje de la facilidad.

2. ALCANCE

El documento presenta el diseño de un sistema de generación fotovoltaica para un sistema de riego. Este sistema de generación permite:

- a) Control manual.
- b) Control por horas.
- c) Control Remoto.

El alcance del proyecto comprende el cálculo y la selección de los distintos componentes desde la bomba hasta el panel y baterías. Para este efecto se considera información del tipo de sistema de riego, caudal y cantidad de agua a bombear, superficie a irrigar y sembríos. Por otro lado se utiliza información de la radiación solar en la ubicación geográfica del predio.

3. REFERENCIA

El presente proyecto cumplirá las Leyes que están en vigencia en el Ecuador a la terminación del presente:

NEC – CAP 1, SECCION 110	Requisitos para las instalaciones eléctricas
NEC – CAP 2, SECCION 250	Puesta a tierra.
NEC – CAP 6, SECCION 675-C	Puesta a tierra maquinarias de irrigación eléctricas o con mandos eléctricos.
NEC – CAP 14, SECCION A2.5	Cálculo de la capacidad del banco de baterías.
IEEE std.1013-2007	IEEE Recommended Practice for Sizing Lead-Acid Batteries for Stand-Alone Photovoltaic (PV) Systems.
IEEE 1562-2007	IEEE Guide for Array and Battery Sizing in Stand-Alone Photovoltaic (PV) Systems.
NTE INEN-IEC/TS 61836	Sistemas de energía solar fotovoltaica – términos, definiciones y símbolos.
ISO 13460	Agricultural irrigation equipment - Plastics saddles for polyethylene pressure pipes.
INEN - CPE19	Código Eléctrico Nacional, Instituto Ecuatoriano de Normalización.

Las normas que presiden los diseños y cálculos del presente proyecto son las normas INEN



4. DIAGRAMA GENERAL DEL SISTEMA HIDRÁULICO

El terreno cuenta con 60 m de largo y 20 m de ancho, con 579.28 m de tubería PVC, la tubería está ubicada como se muestra en la Figura 3 la línea amarilla. En la Figura 3 también se muestran los cultivos del terreno, el terreno cuenta con tres secciones, las cuales están delimitadas por árboles cítricos, los árboles y los cultivos se muestran con línea roja en la Figura 3 y se puede observar cómo está distribuido el espacio. Las dos secciones con área más grandes tiene cultivos, mientras que el área más pequeña en medio no tiene cultivos. El punto más lejano está ubicado a 69.44 m de la bomba.

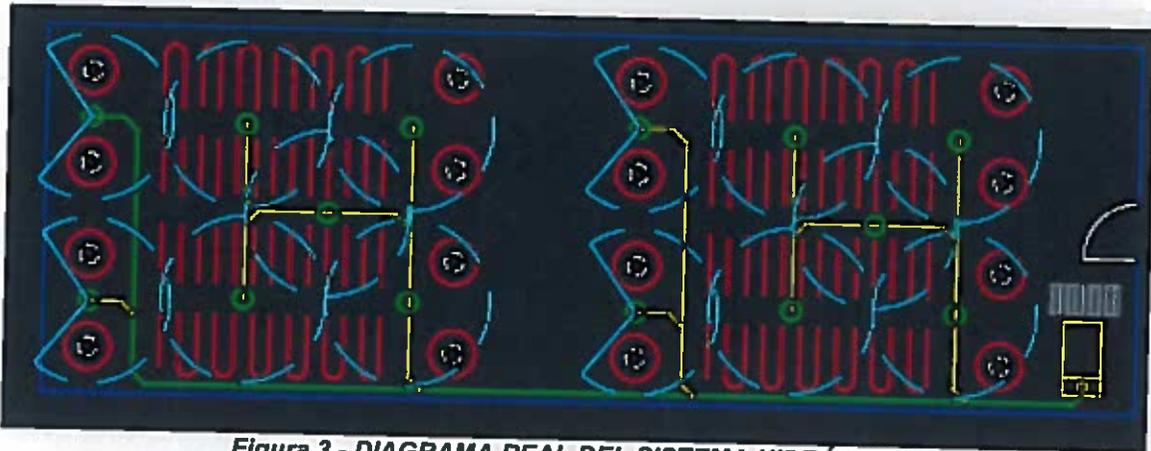


Figura 3.- DIAGRAMA REAL DEL SISTEMA HIDRÁULICO

5. CÁLCULO PERDIDAS DE PRESIÓN POR FRICCIÓN

Basándose en las Normas Internacionales ISO, sobre tubería, y las normas INEN, se realizaron los cálculos de acuerdo a las características de los siguientes materiales, ya que cumplen con las normas necesarias para ser utilizados.

- Aspersores Granate modelo M1000 con un ángulo de 210° con un Flujo de 113 L/h. (Cumple con Normas INEN)
- Tubería Plastigama para uso agrícola Unión E/C de 1/2", 3/4", 1", 1.5". (Cumple con ISO13460 y Normas INEN)

Se considera dos métodos distintos para calcular las pérdidas de presión por fricción en las tuberías ya que es recomendable asegurarse por dos o más métodos que los resultados obtenidos son los correctos.

Los dos métodos que se utilizarán para calcular las pérdidas de presión por fricción se basan en el libro de Mecánica de fluidos¹, se utiliza este libro como referencia, debido a que no existen normas para este cálculo. El cálculo es realizado con los métodos usados en práctica. El primer método que se presenta es el método de Darcy - Weisbach². El segundo método es el método de William & Hazen³.

La pérdida de presión por fricción es calculada utilizando el punto más lejano de la bomba, es decir, se utiliza la distancia del aspersor más lejano con respecto a la bomba, en este caso se asume 70 metros de tramo de tubería, teniendo en cuenta que en la Figura 3 el tramo más lejano tiene una distancia de 69.44 metros.

¹ Mott, R. L. (2006). Mecánica de Fluidos. En R. L. Mott, *Mecánica de Fluidos* (pág. 233). México: Pearson.



Para el cálculo de las pérdidas de presión se asumirá el caudal o flujo que los aspersores necesitan para su funcionamiento, el cual es el mínimo caudal o flujo que debe tener la tubería para que el aspersor más lejano funcione correctamente. El caudal es tomado de las características de los aspersores que se tiene planeado utilizar³.

5.1. MEDIANTE DARCY-WEISBACH ²

Las variables de entrada y de salida para el cálculo de pérdidas de presión por fricción son las siguientes:

Parámetros	Valor	Unidad	Descripción
h	?	Metros	Perdida de cabeza a lo largo del tramo
v	?	Metros / segundo	Velocidad Media del flujo
A	?	Metros	Área del interior
Re	?	Adimensional	Número de Reynolds
f	?	Adimensional	Factor de Fricción de Darcy
d	?	Metros	Diámetro interior de tubería
L	70	Metros	Longitud del tramo de la tubería
g	9.8	Metros / segundo ²	Aceleración de la gravedad
Q	113	Litros / Hora	Flujo de Agua
V	1×10^{-6}	Metros ³ / segundo	Viscosidad cinética del agua a 20 °C

Tabla 1.- Parámetros pérdidas de presión por fricción mediante DARCY-WEISBACH

$$h = f \frac{L}{d} * \frac{v^2}{2g} \quad (1)$$

Donde:

- h = Perdida de cabeza a lo largo del tramo [m]
- f = Factor de fricción de Darcy [Adimensional]
- L = Longitud del tramo de la tubería [m]
- d = Diámetro interior de tubería [m]
- v = Velocidad media del flujo [m/s]
- g = Aceleración de la gravedad [m/s²]

$$v = \frac{Q}{A} \quad (2)$$

Donde:

- Q = Flujo de Agua [m³/s]
- A = Área del interior [m]

Se utiliza el caudal mínimo necesario para el funcionamiento óptimo de los aspersores³:

Con:

² Mott, R. L. (2006). Mecánica de Fluidos. En R. L. Mott, *Mecánica de Fluidos* (pág. 233). México: Pearson.

³ Aspersores Granate modelo M1000 con un ángulo de 210° con un Flujo de 113 L/h



- $Q = 113 \text{ L/h} = 0.000031 \text{ m}^3/\text{s}$

$$Re = \frac{v \cdot d}{\nu} \quad (3)$$

$$f = \frac{C_f}{Re} \quad (4)$$

Donde:

- C_f = Constante de Darcy
- Re = Número de Reynolds.
- ν = Viscosidad cinética del agua a 20 °C

La ecuación 1 permite calcular la pérdida de cabeza a lo largo del tramo.

La ecuación 2 permite calcular la velocidad media de flujo.

La ecuación 3 permite calcular el número de Reynolds.

La ecuación 4 permite calcular el factor de fricción de Darcy.

Diámetro de tuberías usadas para el cálculo	Perdida de cabeza a lo largo del tramo (h[m])	Perdida de cabeza a lo largo del tramo (h[PSI])
½ Pulgada	1.41	2.0
¾ Pulgada	0.63	0.9
1 Pulgada	0.35	0.49
1 ½ Pulgadas	0.005371	0.07

Tabla 2.- Resultados de pérdidas de presión utilizando las tuberías más usadas en el mercado mediante DARCY-WEISBACH

Se puede observar en la **Tabla 2** que las pérdidas con la tubería Plastigama para uso agrícola Unión E/C de 1.5" es la tubería que menos pérdidas de presión ocasiona, con lo cual se puede determinar que la tubería que se debe usar para este sistema es la tubería de 1.5" PVC.

Para corroborar este cálculo, se procede a calcular mediante el segundo método las pérdidas de presión utilizada en la práctica de ingeniería.

Debido a que el sistema tiene 14 aspersores entonces se necesita multiplicar las pérdidas por el número de aspersores del sistema.

Así se obtiene que la pérdida de presión para todo el sistema:

$$h = 0.98 \text{ PSI}$$

Con una tubería de 1.5" PVC.



5.2. MEDIANTE WILLIAM & HAZEN ⁴

Las variables de entrada y de salida para el cálculo de pérdidas de presión por fricción son las siguientes:

Parámetros	Valor	Unidad	Descripción
F	?	Metros de Columna de Agua / Metro de Tubería	Pérdida de Presión
D	?	Metros	Diámetro interior de la tubería
Q	113	Litros / Hora	Flujo de Agua
C	150	Adimensional	Factor de fricción constate

Tabla 3.- Parámetros pérdidas de presión por fricción mediante WILLIAM & HAZEN

$$F = \frac{(10.672) * Q^{1.851}}{C^{1.851} * D^{4.871}} \quad (5)$$

Donde:

- F = Pérdida de Presión [mca/1mt]
- Q = Flujo de Agua [m³/s]
- D = Diámetro interior de la tubería [m]
- C = Factor de fricción constate

La ecuación 5 permite calcular la pérdida de presión a lo largo del tramo de tubería.

Diámetro de tuberías usadas para el cálculo	Pérdida de cabeza a lo largo del tramo (F[MCA/1MT])	Pérdida de cabeza a lo largo del tramo (F[PSI])
½ Pulgada	0.00778	0.77
¾ Pulgada	0.00108	0.1
1 Pulgada	0.0002659	0.02
1 ½ Pulgadas	0.000049	0.005

Tabla 4.- Resultados de pérdidas de presión utilizando las tuberías más usadas en el mercado mediante WILLIAM & HAZEN

Se puede observar en la Tabla 4 que las pérdidas con la tubería Plastigama para uso agrícola Unión E/C de 1.5" es la tubería que menos pérdidas de presión ocasiona, con lo cual se puede determinar que la tubería que se debe usar para este sistema es la tubería de 1.5" PVC.

Se puede observar también en la Tabla 4 que las pérdidas de presión son similares en PSIs mediante los dos cálculos.

Para tener una aproximación más real de las pérdidas de presión es necesario multiplicar las pérdidas obtenidas por el número de aspersores que existen en el sistema.

Así se obtiene que la pérdida de presión para todo el sistema es:

⁴ Mott, R. L. (2006). Mecánica de Fluidos. En R. L. Mott, *Mecánica de Fluidos* (pág. 243). México: Pearson.



$$F = 0.07 \text{ PSI}$$

Como las pérdidas de presión de agua son muy pequeñas, se tomarán con un valor de cero, ya que son valores despreciables.

6. CÁLCULO POTENCIA ABSORBIDA POR LA BOMBA

Las variables de entrada y de salida para el cálculo de potencia absorbida por la bomba son las siguientes:

Parámetros	Valor	Unidad	Descripción
P_{ab}	?	Kilo Vatios	Potencia Absorbida
Q_{min}	1.356	Metros ³ / hora	Caudal
H_m	3	Metros	Altura manométrica
η	0.6	Rendimiento esperado	rendimiento esperado
γ	0.9982	Kgf/dm ³	Peso específico del agua

Tabla 5.- Parámetros potencia absorbida por la bomba

Estos valores se calculan para no incurrir en un sobre dimensionamiento de los materiales utilizados para este sistema.

La ecuación 6 se utiliza para calcular la potencia que consume la bomba⁵, esta es una ecuación estándar utilizada en la práctica de la ingeniería para el cálculo de la potencia absorbida por la bomba.

$$P_{ab} = \frac{Q * H_m * \gamma}{367 * \eta} \quad (6)$$

Donde:

- P_{ab} = Potencia Absorbida [KW]
- Q = Caudal [m³/h]
- H_m = Altura manométrica [m]
- η = rendimiento esperado
- γ = Peso específico del agua

Con:

- $\gamma = 0.9982 \text{ Kgf/dm}^3$

Debido a que el caudal mínimo que se necesita para que el sistema funcione correctamente es el caudal mínimo necesario del aspersor multiplicado por todos los aspersores que existan en el sistema ya que se pierde caudal cada que pasa por un aspersor y el último aspersor necesita 113 L/h para funcionar.

- $Q_{min} = 113 \text{ L/h} \times 12 = 0.113 \text{ m}^3/\text{h} \times 12 = 1.356 \text{ m}^3/\text{h} = 1356 \text{ L/h}$

$$P_{ab} = \frac{1.356 * 70 * 0.9982}{367 * 0.6}$$

$$P_{ab} = 0.430 \text{ kW}$$

⁵ White, F. (2008). Mecánica de Fluidos (6ª edición). USA: McGraw-Hill



$$P_{ab} = 430 W$$

Parámetros	Valor	Unidad	Descripción
P_{ab}	430	Vatios	Potencia Absorbida
Q_{min}	1.356	Metros ³ / hora	Caudal
H_m	3	Metros	Altura manométrica
η	0.6	Rendimiento esperado	rendimiento esperado
γ	0.9982	Kgf/dm ³	Peso específico del agua

Tabla 6.- Resultado parámetros potencia absorbida por la bomba

Por lo tanto, por los datos obtenidos se debe implementar una bomba centrífuga con caudal de al menos 1356 L/h, para que el sistema funcione correctamente, se opta por una bomba centrífuga ya que es independiente de la densidad del líquido a bombear. No se recomienda el uso de una bomba de pistón ya que estas son bombas volumétricas y se emplean usualmente para el movimiento de fluidos a alta presión o fluidos de altas viscosidades, tampoco se utiliza una bomba de tornillo ya que al igual que la bomba de pistón se utilizan para fluidos de altas viscosidades y para desplazamiento positivo básicamente.

Las características de la bomba a implementar son las siguientes:

Características	Valores
Potencia	430 Vatios
Voltaje Nominal	12 Voltios DC
Tipo	Sumergible

Tabla 7.-Características de la bomba a implementar

7. CÁLCULO DEMANDA DE ENERGIA

La demanda eléctrica de un sistema es la intensidad de corriente, o potencia eléctrica, relativa a un intervalo de tiempo específico, que absorbe su carga para funcionar; y su cálculo es necesario presentar en todos los proyectos eléctricos para el dimensionamiento de los equipos o línea de transmisión que alimente a dicho proyectos.

Las variables de entrada y de salida para el cálculo de demanda de energía son las siguientes:

Parámetros	Valor	Unidad	Descripción
E_{ac}	?	Vatios Hora	Energía consumida
F_s	1.25	Adimensional	Factor de seguridad
P_n	430	Vatios	Potencia Nominal
h	3	Horas	Número de horas funcionamiento de carga

Tabla 8.- Parámetros demanda de energía

La ecuación 7 fue obtenida del libro Electrónica: Teoría de Circuitos y Dispositivos Electrónicos⁶. Esta es una ecuación estandar para el cálculo de energía consumida del sistema, utilizada en la practica de ingeniería y no esta regida por ninguna norma.

$$E_{ac} = F_s * P_n * h \quad (7)$$

Donde:

⁶ Boylestad, R., Nashelsky, L. (2009). Electrónica: Teoría de Circuitos y Dispositivos Electrónicos.(10ª edición). México: Pearsons



- E_{ac} = Energía consumida [Wh]
- F_s = Factor de seguridad
- P_n = Potencia Nominal [W]
- h = Número de horas funcionamiento de la carga

$$E_{ac} = (1.25) * (430) * (3)$$

$$E_{ac} = 1612.5 Wh$$

La Energía consumida por el sistema es de 1612.5Wh,

$$E_{ac} = 1612.5 Wh$$

Parámetros	Valor	Unidad	Descripción
E_{ac}	1612.5	Vatios Hora	Energía consumida
F_s	1.25	Adimensional	Factor de seguridad
P_n	430	Vatios	Potencia Nominal
h	3	Horas	Número de horas funcionamiento de carga

Tabla 9.- Resultado parámetros demanda de energía

La energía mínima necesaria para que funcione correctamente el sistema está representada en el **Tabla 9.**

8. CÁLCULO DE NÚMERO DE PANELES SOLARES

Para este cálculo se considera paneles solares de 100 vatios con Potencia Pico de 90 vatios.

Los paneles que se implementaran en el proyecto deben cumplir las siguientes normas:

IEEE Std. 1562-2007	IEEE Guide for Array and Battery Sizing in Stand-Alone Photovoltaic (PV) System
NTE INEN-IEC/TS 61836	Sistemas de Energía Solar Fotovoltaica – Términos, Definiciones y Símbolos

Para el cálculo de paneles se utiliza las ecuaciones 8, 9 y 10 de acuerdo con la norma IEEE Std.1562-2007. Esta es una ecuación estandar para el calculo de número de paneles solares.

Las variables de entrada y de salida para el cálculo de número de paneles son las siguientes:

Parámetros	Valor	Unidad	Descripción
N_s	?	Adimensional	Número de Paneles Solares en Serie
N_p	?	Adimensional	Número de Paneles Solares en Paralelo
N_T	?	Adimensional	Número de paneles
L_{PA}	?	Vatios Hora / día	Promedio de carga diaria
E_T	1612.5	Vatios Hora	Energía requerida
P_P	90	Vatios	Potencia Pico de módulo
V_{Sys}	12	Voltios	Voltaje nominal del sistema
V_{mod}	17.5	Voltios	Voltaje nominal del modulo
$A:L$	0.95	Adimensional	Relación matriz carga
SL	0.4	Adimensional	Perdidas del sistema



I_{mp}	5.15	Amperios	Corriente de modulo a máxima potencia
SH	5.25	Horas	Horas Solares

Tabla 10.- Parámetros cálculo número de paneles solares

Para calcular el promedio de carga diaria se realiza el siguiente cálculo:

$$L_{DA} = \frac{E_T}{\text{Número de horas en el día}}$$

$$L_{DA} = \frac{1612.5}{24} = 67.2 \text{ Vatios Hora / día}$$

$$N_T = \frac{E_T}{P_P * SH * A:L} \quad (8)$$

$$N_S = \frac{V_{Sys}}{V_{mod}} \quad (9)$$

$$N_P = \frac{(L_{DA} * A:L)}{((1 - SL) * I_{mp} * SH)} \quad (10)$$

Donde:

- N_T = Número de paneles
- E_T = Energía requerida [Wh]
- P_P = Potencia pico de módulo [W]
- N_S = Número de paneles solares en serie
- V_{Sys} = Voltaje nominal del sistema
- V_{mod} = Voltaje nominal del modulo
- N_P = Número de paneles solares en paralelo
- L_{DA} = Promedio de carga diaria
- $A:L$ = Relación matriz carga
- SL = Perdidas del sistema
- I_{mp} = Corriente de modulo a máxima potencia
- SH = Horas solares

Con:

- $V_{Sys} = 12 \text{ V}$
- $V_{mod} = 17.5 \text{ V}$



$$N_T = \frac{E_T}{P_P * HSP * P_G}$$

$$N_T = \frac{1612.5}{90 * 5.25 * 0.95}$$

$$N_T = 3.59 \approx 4$$

$$N_S = \frac{12}{17.6}$$

$$N_S = 0.6818 \approx 1$$

1 módulo por rama.

$$N_p = 3.59 \approx 4$$

4 ramas necesarias.

Parámetros	Valor	Unidad	Descripción
N_S	1	Adimensional	Número de Paneles Solares en Serie
N_P	4	Adimensional	Número de Paneles Solares en Paralelo
N_T	4	Adimensional	Número de paneles
E_T	1612.5	Vatios Hora	Energía requerida
P_P	90	Vatios	Potencia Pico de módulo
V_{Sys}	12	Voltios	Voltaje nominal del sistema
V_{mod}	17.5	Voltios	Voltaje nominal del modulo
L_{DA}	67.2	Vatios Hora / día	Promedio de carga diaria
$A:L$	0.95	Adimensional	Relación matriz carga
SL	0.4	Adimensional	Perdidas del sistema
I_{mp}	5.15	Amperios	Corriente de modulo a máxima potencia
SH	5.25	Horas	Horas Solares

Tabla 11.- Resultados de parámetros cálculo número de paneles solares

Los resultados obtenidos que se muestran en la Tabla 11, muestra que el número total de paneles necesarios son 4, siempre y cuando se mantenga las características de diseño, es decir se puede optar por paneles de mayor capacidad lo que reduciría el número de paneles, una vez aprobado el diseño se puede hacer un análisis económico para determinar qué tipo, marca y capacidad de panel es la óptima para implementar en este proyecto.

9. CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DEL BANCO DE BATERIAS

Las variables de entrada y de salida para el cálculo de la capacidad del banco de baterías son las siguientes:

Parámetros	Valor	Unidad	Descripción
C_n	?	Amperios Hora	Capacidad Nominal de Baterías
N	0.2	Días	Número de días de autonomía
E_T	1612.5	Vatios Hora	Energía requerida
P_d	0.5	Adimensional	Descarga máxima
V_{Sys}	12	Voltios	Voltaje del Sistema

Tabla 12.- Parámetros cálculo capacidad del banco de baterías



La norma que se usa para el cálculo de la capacidad del banco de baterías es la siguiente:

NEC – CAP 14, SECCION A2.5 Cálculo de la capacidad del banco de baterías.

$$C_n = \frac{E_T \cdot N}{P_d \cdot V_{Sis}} \quad (11)$$

Donde:

- C_n = Capacidad nominal [Wh]
- N = Número de días de autonomía [días]
- E_T = Energía total requerida [Wh]
- P_d = Descarga máxima
- V_{Sis} = Voltaje del Sistema [V]

$$C_n = \frac{1612.5 \cdot 0.2}{0.5 \cdot 12}$$

$$C_n = 53.75Ah$$

Parámetros	Valor	Unidad	Descripción
C_n	53.75	Amperios Hora	Capacidad Nominal de Baterías
N	0.2	Días	Número de días de autonomía
E_T	1612.5	Vatios Hora	Energía requerida
P_d	0.5	Adimensional	Descarga máxima
V_{Sis}	12	Voltios	Voltaje del Sistema

Tabla 13.- Resultado parámetros capacidad del banco de baterías

Los 0.2 días de autonomía equivalen a 5 horas de autonomía, no es necesario más ya que los plántulos necesitan tan solo un máximo de 3 horas de riego.

La capacidad nominal del banco de baterías es de 54 Ah.

10. CÁLCULO DE NÚMERO DE BATERIAS NESESARIAS PARA EL SISTEMA

Las variables de entrada y de salida para el cálculo de número de baterías para el sistema son las siguientes:

Parámetros	Valor	Unidad	Descripción
N_{BAT}	?	Adimensional	Número de Baterías del sistema
C	53.75	Amperios Hora	Capacidad Nominal del banco de Baterías
C_{rBAT}	250	Amperios Hora	Capacidad nominal por Batería

Tabla 14.- Parámetros número de baterías necesarias para el sistema

$$N_{Bat} = \frac{C}{C_{rBAT}} \quad (13)$$

Donde:

- C = Capacidad nominal de la Batería

 <p>MEMORIA DE CÁLCULO DEL DISEÑO PARA GENERACIÓN FOTOVOLTAICA PARA UN SISTEMA DE RIEGO</p>	Departamento:	Ingeniería Electrónica
	Código No.:	USFQ-00112665 – DMC - 1
	Página No.:	14 of 17

- C_{rBAT} = Capacidad Real de la Batería.

$$N_{Bat} = \frac{53.75}{250}$$

$$N_{Bat} = 0.2 \text{ baterías} = 1 \text{ Batería}$$

Es necesario usar 1 batería para este sistema.

Parámetros	Valor	Unidad	Descripción
N_{BAT}	1	Adimensional	Número de Baterías del sistema
C	750	Amperios Hora	Capacidad Nominal del banco de Baterías
C_{rBAT}	250	Amperios Hora	Capacidad nominal por Batería

Tabla 15.- Resultado parámetros número de baterías necesarias para el sistema

El número de baterías necesarias para el sistema se muestra en la **Tabla 15**, es el mínimo de baterías que se debe usar para que el sistema tenga su funcionamiento más óptimo y completo.

11. DIMENSIONAMIENTO REGULADOR DE CARGA

Las variables de entrada y de salida para el cálculo del dimensionamiento del regulador de carga son las siguientes:

Parámetros	Valor	Unidad	Descripción
I_e	?	Amperios	Corriente entrada al regulador
I_{sc}	5.55	Amperios	Corriente de corto circuito
N_p	4	Adimensional	Número de ramas en paralelo

Tabla 16.-Parámetros del regulador de carga

$$I_e = 1.2 * I_{sc} * N_p \quad (14)$$

Donde:

- I_e = Corriente entrada al regulador
- I_{sc} = Corriente de corto circuito
- N_p = Número de ramas en paralelo
- 1.2 = factor de seguridad

$$I_e = 1.2 * 5.55 * 4$$

$$I_e = 26.64 \text{ A}$$

Parámetros	Valor	Unidad	Descripción
I_e	26.64	Amperios	Corriente entrada al regulador
I_{sc}	5.55	Amperios	Corriente de corto circuito
N_p	4	Adimensional	Número de ramas en paralelo

Tabla 17.- Resultado parámetros del regulador de carga

En la **Tabla 17** se muestra el resultado de la corriente de entrada al regulador de carga.



12. DIMENSIONAMIENTO DEL CONDUCTOR

Las variables de entrada y de salida para el cálculo del dimensionamiento del conductor son las siguientes:

Parámetros	Valor	Unidad	Descripción
I	?	Amperios	Corriente del conductor
P	430	Vatios	Potencia del sistema
V	12	Voltios	Voltaje del sistema

Tabla 18.- Parámetros del conductor

Se utiliza la ley de Ohm para calcular la corriente que debe soportar el conductor.

$$I = \frac{P}{V} \quad (16)$$

$$I = \frac{430}{12}$$

$$I = 35.8 \text{ A}$$

Parámetros	Valor	Unidad	Descripción
I	35.8	Amperios	Corriente del conductor
P	430	Vatios	Potencia del inversor
V	12	Voltios	Voltaje del sistema

Tabla 19.- Resultados parámetros del conductor

Con el valor de la corriente obtenido y presentado en la **Tabla 19** se determina que conductor se debe utilizar para lograr un buena práctica de ingeniería y cual es el valor necesario para que el sistema sea óptimo.

Para determinar el conductor se utiliza el Código de Práctica Ecuatoriano CPE INEN 19:2001, en la sección 310, Conductores para instalaciones en general.⁷

⁷ Código de Práctica Ecuatoriano CPE INEN 19:200, Capítulo 3, Sección 310, pg. 147, Tabla 310-16



TABLA 310-16.- Capacidad de corriente permisible en conductores aislados para 0 a 2 000 V nominales y 60° C a 90° C. No más de tres conductores portadores de corriente en una canalización, cable o tierra (directamente enterrados) y temperatura ambiente de 30° C.

Sección transversal	Temperatura nominal del conductor (Ver Tabla 310-13)						Calibre
	60° C	75° C	90° C	60° C	75° C	90° C	
	Tipo 3, TW ^M , UF ^M	Tipos FEPW ^M , RH ^M , RHW ^M , THHW ^M , THW ^M , THWN ^M , XHHW ^M , USE ^M , ZW ^M	Tipos TBS, SA, SIS, FEP ^M , FEPB ^M , MI, RHH ^M , RHW-2, THHN ^M , THHW ^M , THW-2 ^M , THWN-2 ^M , USE-E, XHH, XHHW ^M , XHHW-2, ZW-2	Tipos TW ^M , UF ^M	Tipos RHM ^M , RHW ^M , THHW ^M , THW ^M , THWN ^M , XHHW ^M , USE ^M	Tipos TBS, SA, SIS, THHN ^M , THHW ^M , THW-2, THWN-2, RHM ^M , RHW-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2, ZW-2	
mm ²	COBRE			ALUMINIO O ALUMINIO RECUBIERTO DE COBRE			AWG o kcmils
0,82	---	---	14	---	---	---	18
1,31	---	---	18	---	---	---	16
2,08	20 ^M	20 ^M	26	---	---	---	14
3,30	26 ^M	26 ^M	30 ^M	20 ^M	20 ^M	26 ^M	12
6,26	30	36 ^M	40 ^M	26	30 ^M	36 ^M	10
8,36	40	60	66	30	40	46	8
13,29	66	66	76	40	60	60	6
21,14	70	86	96	66	66	76	4
26,66	86	100	110	66	76	86	3
33,82	96	116	130	76	90	100	2
42,20	110	130	160	86	100	116	1
63,60	126	160	170	100	120	136	1/0
67,44	146	176	196	116	136	160	2/0
86,02	166	200	226	130	166	176	3/0
107,21	196	230	260	160	180	206	4/0

Tabla 20.- Tabla 310-16 CPE INEN 19

Utilizando la Tabla 20 se puede observar que el conductor necesario teniendo en cuenta que debe resistir 35.8 A. Este es el AWG 8, conductor de cobre, el cual resiste hasta 40 A.



MEMORIA DE CÁLCULO
DEL DISEÑO PARA
GENERACIÓN
FOTOVOLTAICA PARA
UN SISTEMA DE RIEGO

Departamento:	Ingeniería Electrónica
Código No.:	USFQ-00112665 – DMC - 1
Página No.:	17 of 17

13. ANEXOS

Anexo 1: Futura-FU100M_EN.PDF

Anexo 2: cpe_inen_19.PDF

Anexo 3: 1013 IEE.PDF

Anexo 4: 1562-2007.PDF

Anexo 5: Bomba_Irrigacion_solar_Datasheet.PDF

Anexo 6: JC-J6-003 - Aspersor MP Rotator®.PDF

Anexo 7: nec2011-cap-14-energic3adas-renovables-021412.PDF

REQUISICIÓN DE MATERIALES

	EXHIBIT 1 REGISTRO 1	DATE / Fecha: 3-may-19
	COVER SHEET PORTADA	MR N° USFQ - 00112665 - MR - 1

CLIENT / Cliente: UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO
PROJECT / Proyecto: DISEÑO PARA GENERACIÓN FOTOVOLTAICA PARA UN SISTEMA DE RIEGO EN UN TERRENO DE GUAYLLABAMBA
Rev.: 1

INGENIERÍA SILVA

CONTRACTO No. N/A

REQUISICIÓN DE MATERIAL
SISTEMA DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICA

REQUISICION DE MATERIALES No: USFQ - 00112665 - MR - 1

Rev No.	DATE	PREP. BY	LEADER	APP'D BY	REVISION DESCRIPTION
C	10/4/2019				PARA REVISIÓN
D	18/4/2019				PARA COMPRA
1	3/5/2019				PARA COMPRA

	EXHIBIT 1 REGISTRO 1	DATE / Fecha: 3-may-19
	ATTACHMENT LIST FOR LISTA DE DOCUMENTACION ADJUNTA	MR N° USFQ - 00112665 - MR - 1

CLIENT / Cliente: UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO	PROJECT / Proyecto: DISEÑO PARA GENERACIÓN FOTOVOLTAICA PARA UN SISTEMA DE RIEGO EN UN TERRENO DE GUAYLLABAMBA
	Rev.: 1

ITEM	DESCRIPTION	REVISION					
		A	B	C	0	1	2
1	REQUISICION DE MATERIAL PARA SISTEMA DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICA					X	
2	LISTA DE DOCUMENTOS REQUERIDOS A LOS PROVEEDORES					X	
3	PLAN DE ACTIVIDAD DE INSPECCIÓN					X	

REV		ITEM	CODE	DESCRIPTION	UNIT	A	B	C	D	E	F	G	H	I	TOTAL	
1		1		Panel solar FUTURASUN FU100M con potencia maxima de 100W, tiene una eficiencia del 15,29% con un voltaje maximo pico de 18,4 V, y corriente maxima pico de 5,43A y un voltaje maximo del sistema de 1000V. Con dimensiones 1200x540x30 mm y un peso de 7,8kg.	U	4										4
1		2		Cable alimentación de cobre AWG 10 XHHW-2 TYPE, que resista 30A a 90°C, ambiente mojado; Marca: CABLEC. Se necesita al menos 8.58m de cable, se recomienda comprar 10m.	m	10										10
1		3		Bomba de agua sumergible, 12V; Mini Micro Bomba Sumergible de Agua Aceite Ultra Silencioso Sin Escobillas Brushless Dc 12V 240L / H Elevación de 3M; Marca Anself; Dimensiones: 6.4x8x3.8 cm; Potencia: 450W	U	1										1
1		4		Caja de control y fuerza, de tres secciones con agarraderas de tornillo de D: 3/4" L: 2 1/2"; con panel de control, con boton de comando de 3 posiciones. Con tres indicadores led y dos pulsadores. Cerradura plana. Dimensiones 219x206x60 mm.	U	1										1
1		5		Poste de 2,55m; montado en tierra; Estándar para todo tipo de suelo y todo tipo de módulo, horizontal, vertical; Material: AL-6005-T5, metal galvanizado con expansión 3-4m. Empresa: Further Power. Elementos de ensamblaje: Stainless steel screws A2-70; Part Number: AL-6005-T5	U	1										1
1		6		Tornillos D: 3/4" y L: 2 1/2"; COD.FE0075250	U	4										4
1		7		Relé eléctrico; OMRON ELECTRONIC COMPONENTS G5LE-1-DC12 POWER RELAY, SPDT, 12VDC, 10A, PC BOARD; Peso: 0,16 onzas; ASIN: B00HPMABTO;	U	10										10
1		8		Conector T, para conexión en paralelo de paneles solares; VIKOCELL MC4 N Tipo/T Rama Solar Conector MMF et FPM para Panel Solar Conexión de Cable; Material de aislamiento: PPO; Material del contacto: Cobre, estañado; Rango de temperatura ambiente: -40C -- 90 C; Part Number: UL94-V0	U	2										2
1		9		SM SunniMix 2 SIN Interruptor Giratorio De Enganche, Plástico LA38-20XC / 3 Conmutador De 3 Posiciones 12V; Material: Plástico; Tamaño total: 80x25x30mm / 3.14x1.38x1.18inch; Diámetro del botón: 29.9mm / 1.18inch; Tamaño de la instalación: Diámetro: 22 mm / 0.87 pulgadas	U	1										1
1		10		12V Relé de Temporización Módulo de Temporizador Retrado Módulo de Relé Ciclo; Tamaño del producto: 3 x 9.7 x 5.2 cm / 1.1 x 3.8 x 2.0 pulgadas; Rango de tiempo: 0-999s / 0-999m / 0-999h; Potencia máxima: 1500W; Voltaje: DC 12v; Peso: 70g	U	2										2
1		11		Latinaric 12V-24V DC Interruptor de Ajuste Manual En Línea de Circuito Automático Interruptor Fusible, 100A; Especificación: Tamaño: 10x4x4cm; Material: plástico y metal	U	3										3
1		12		DIMEBa - Botón pulsador (hasta 230 V/5 A, acerfino, LED roja y verde de 12 V, 19 mm; Part number: T19-rot.	U	2										2
1		13		Batería de 12V; Marca: Bosch; modelo: S5 001 Capacidad: 52Ah.	U	1										1
1		14		Caja de batería; Dimensiones: 250x220x185mm	U	1										1
1		15		Terminales de conexión de batería. Terminales Y de dos entradas, 1 salida, para conexión en paralelo.	U	2										2
1		16		Tubería Durmanflex UL 1653; Libres de plomo; Resistencia a esfuerzos (impacto, tracción y tensión); Resistencia a la corrosión; No conductor; Resistente a fuego. Diámetro nominal: 1"; Diámetro externo promedio: 33,40+-0,29mm; Diámetro interno promedio: 25,37+-1,53mm; Altura máxima de corrugado: 4,06 mm	m	30										30

OTA 1:

	EXHIBIT 10-RG-7.3-12.04 REGISTRO 10-RG-7.3-12.04	DATE / Fecha: 3-may-19
	REQUIRED DOCUMENTS FROM VENDOR DOCUMENTOS REQUERIDOS AL PROVEEDOR	MR N° USFQ - 00112665 - MR - 1

CLIENT / Cliente: UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO	PROJECT / Proyecto: DISEÑO PARA GENERACIÓN FOTOVOLTAICA PARA UN SISTEMA DE RIEGO EN UN TERRENO DE GUAYLLABAMBA	Rev.: 1
--	--	-----------------------

ITEM		WITH THE BID	FOR APPROVAL		FINAL	
		QTY	QTY	DATE	QTY	DATE
1	COPIAS DE CATALOGO	2.0	2.0	1 SEMANA DESPUES DE LA ORDEN DE COMPRA	4.0	CON ENVIO

	EXHIBIT 10-RG-7.3-12.05 REGISTRO 10-RG-7.3-12.05	DATE / Fecha: 3-may-19
	INSPECTION ACTIVITY PLAN PLAN DE ACTIVIDADES DE INSPECCION	MR N° USFQ - 00112665 - MR - 1

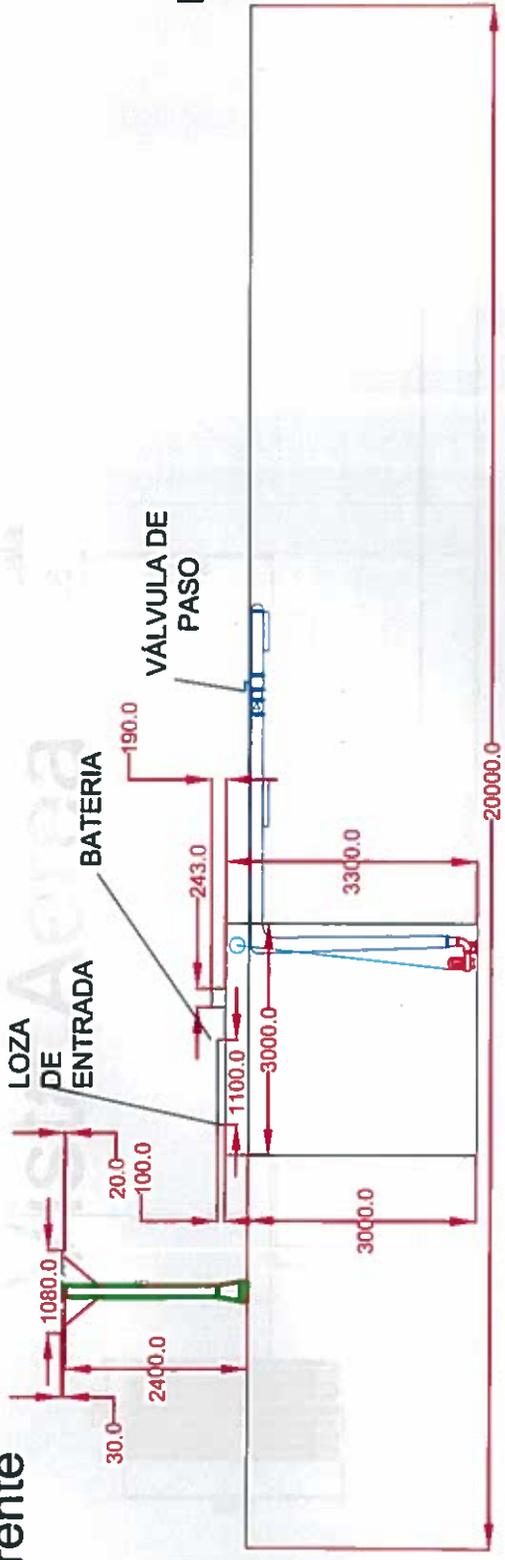
CLIENT / Cliente:	UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO	PROJECT / Proyecto:	DISEÑO PARA GENERACIÓN FOTOVOLTAICA PARA UN SISTEMA DE RIEGO EN UN TERRENO DE GUAYLLABAMBA	Rev.:	1
--------------------------	---	----------------------------	---	--------------	----------

ITEM		TYPE OF ACTIVITY	REQ. OF CERT.	REMARKS
1	INSPECCIÓN VISUAL Y REVISIÓN DE MEDIDAS	W	NO	
2	CERTIFICADO DE CONFORMIDAD	R	YES	EMITIDO POR PROVEEDOR

NOTES:

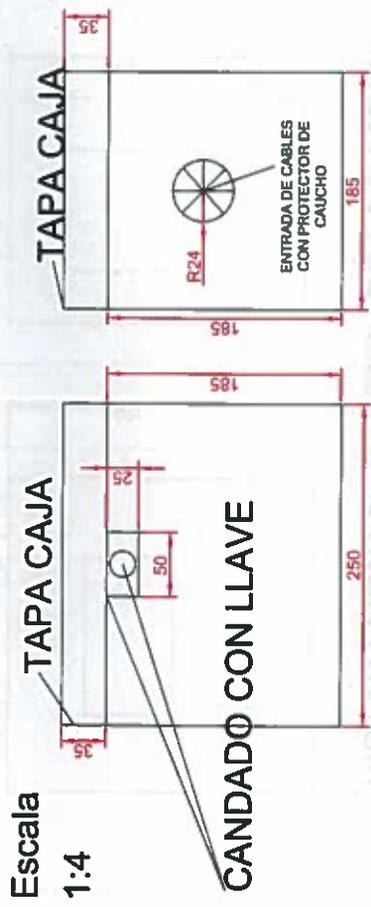
ANEXOS
PLANOS DE INSTALACIÓN

Vista Frente



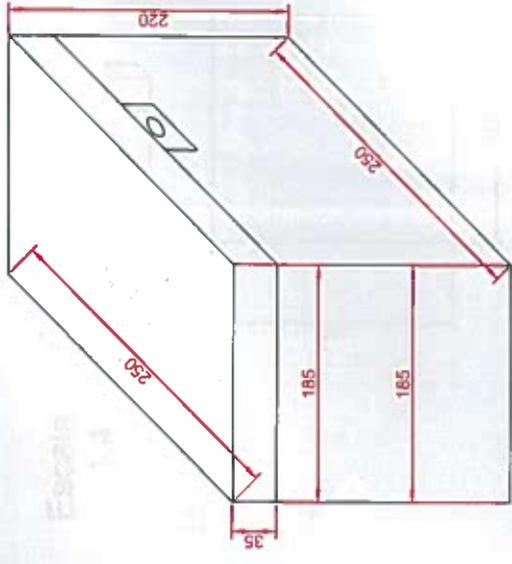
Escala 1:66

CAJA DE BATERÍA VISTA FRONTAL Y VISTA PERFIL



Escala 1:4

CAJA DE BATERÍA VISTA FRONTAL Y VISTA PERFIL



Escala 1:4

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO		UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO		UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO	
DISEÑO PARA GENERACION FOTOVOLTAICA PARA UN SISTEMA DE BOMBEO		DISEÑO PARA GENERACION FOTOVOLTAICA PARA UN SISTEMA DE BOMBEO		DISEÑO PARA GENERACION FOTOVOLTAICA PARA UN SISTEMA DE BOMBEO	
VISTA FRONTAL DEL TORRENO Y CAJA DE BATERIAS		VISTA FRONTAL DEL TORRENO Y CAJA DE BATERIAS		VISTA FRONTAL DEL TORRENO Y CAJA DE BATERIAS	
USFPQ-00112665-DP-3		USFPQ-00112665-DP-3		USFPQ-00112665-DP-3	

