



UNIVERSIDAD NACIONAL
“PEDRO RUIZ GALLO”



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

TESIS

“SISTEMA DE RIEGO CONTROLADO CON FEED-FORWARD UTILIZANDO ENERGÍA SOLAR EN LA LOCALIDAD DE LA TROCHA -JAYANCA”

Tesis para optar el título profesional de:

INGENIERO ELECTRONICO

PRESENTADO POR:

Bach: LEÓN HUACAL FRANKLIN ISAI

Bach: BERRIOS SILVA OSCAR JLEANPIERRE

Lambayeque-Perú

2017

UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
ESCUELA PROFECIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

TESIS

“SISTEMA DE RIEGO CONTROLADO CON FEED-FORWARD UTILIZANDO
ENERGÍA SOLAR EN LA LOCALIDAD DE LA TROCHA -JAYANCA”

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFECIONAL DE
INGENIERO ELECTRÓNICO

APROBADO POR EL SIGUIENTE JURADO:

Ing. CARLOS LEONARDO OBLITAS VERA

PRESIDENTE

Ing. LUCIA ISABEL CHAMAN CABRERA

SECRETARIO

Ing. MARTIN AUGUSTO NOMBERRA LOSSIO

VOCAL

**“SISTEMA DE RIEGO CONTROLADO CON FEED-FORWARD
UTILIZANDO ENERGÍA SOLAR EN LOCALIDAD DE LA
TROCHA -JAYANCA”**

Bach: LEÓN HUACAL FRANKLIN ISAI

AUTOR

Bach: BERRIOS SILVA OSCAR JLEANPIERRE

AUTOR

Dr. QUISPE ROJAS JULIO ERNESTO

ASESOR

DEDICATORIA

A Dios por la vida por la salud,
Por haberme permitido llegar
Hasta este punto de mi vida
Por su infinito amor y bondad.

A mis Padres Obed León Chávez
y Noemí Huacal Pérez mi hno
Frey Caleb León Huacal por haberme
apoyado en todo momento
para poder lograr mis sueños.

A mi familia en general, porque me
han brindado su apoyo incondicional
y por compartir conmigo buenos
y malos momentos.

León Huacal Franklin Isaí

DEDICATORIA

A mis Padres Oscar Berrios Collazos
y Maria Silva Vilchez , a mi hna
Aurora Berrios Silva por haberme
apoyado en todo momento
para poder lograr mis objetivos.

A la familia y amigos que siempre me
apoyaron y me alentaron a continuar en
el largo camino que me falta por recorrer.

Berrios Silva Oscar Jleanpierre

AGRADECIMIENTO

*Expresamos nuestro profundo agradecimiento a:
Todos los familiares, amigos y docentes, que de alguna manera u
otra hicieron posible el
desarrollo de esta presente tesis, que con sus consejos, apoyo y
motivación, alcanzamos
un logro más en nuestras vidas como profesionales.*

Resumen

El motivo por el que desarrolla la presente tesis "*Sistema De Riego Controlado Con Feed-Forward Utilizando Energía Solar En Localidad De La "Trocha -Jayanca"*" es por tratar de reducir la contaminación ambiental producida por los combustibles fósiles, para ello se utilizara energía renovable de tipo fotovoltaica, dado que el lugar en donde se planea realizar el proyecto no cuenta con red eléctrica pública.

En el desarrollo de la presente tesis se optó por usar el método de control feed forward que es el adecuado para situaciones que tengan relación con el medio ambiente, para ello se utiliza el software distribuido en forma gratuita por Schneider electric con el nombre de zeliosoft v2.0.

Una de las ventajas del control feed forward es que puede complementarse con otros sistemas de control, por tal motivo para esta tesis se utiliza un control principal de tipo proporcional y se le agregara el control feed forward, para que este control aplicado a riego tecnificado sea más eficiente utilizara sensores de humedad(realimentación) y temperatura(feed-forward).

ABSTRACT

The theme behind this thesis is "Controlled Irrigation System With Feed-Forward Using Solar Energy In Locality Of The" Trocha -Jayanca "is for trying to reduce the environmental pollution produced by fossil fuels, for which energy is used Renewable Photovoltaic type, given that the place where the project is planned without electricity utility account.

In the development of the present thesis one chooses to use the method of control feed forward that is the suitable one for the situations that have relation with the environment, for it is used the software distributed free of charge by Schneider electric with the name of zeliosoft V2 .0.

One of the advantages of feed forward control is that it can be complemented with other control systems, so for this thesis an proportional type main control is used and the feed forward control is added, so that this control applied to irrigation (Feedback) and temperature (feed-forward).

INTRODUCCION

En la actualidad el problema en el planeta es el impacto ambiental ya que está trayendo como consecuencias cambios climáticos, muchas catástrofes, mal uso del petróleo, agua entre otros, cada día se va agotando y es necesario ver nuevas formas de cuidar el ambiente, de producir energía y de ahorrar agua, para este problema se emplea la energía fotovoltaica y el ahorro de agua a través de sistemas de riego tecnificado.

Este trabajo se realiza en el Sector la trocha, Valle de Motupe, distrito de Jayanca, provincia de Lambayeque, departamento de Lambayeque, donde se harán los estudios de dicha tesis por los cuales será posible realizar la captación de la energía fotovoltaica a través de las celdas solares, para luego ser almacenada en baterías donde suministrará a todo el sistema, extracción, distribución, y control del agua.

La extracción del agua del subsuelo se realiza con una bomba sumergible, el agua es llevada a un estanque de almacenamiento para luego ser distribuida en el riego por goteo, donde todo el sistema será controlado a través de un PLC.

En el primer capítulo encontramos el aspecto informativo en un breve resumen del área y lugar de investigación, variables de operación, problema a resolver y posibles soluciones a encontrar, antecedentes

En el segundo capítulo tenemos el fundamento teórico a estudiar energía fotovoltaica, paneles comparación entre energías renovables y energías no renovables las formas de conexión ; el regular de carga principio de funcionamiento , conexión del regulador ,parámetros que determinan su operación ;las baterías en la cual también se explica la interconexión , medición , interacción de módulos fotovoltaicos y baterías , las principales características de protección ; el sistema de Riego, formas de riego , tipos de riego ,aspecto agronómico a considerar para la instalación las principales características ,parámetros equipos y dispositivos a utilizar, metodología utilizada en el proyecto .

En el tercer capítulo: análisis de las necesidades y la situación actual, explicamos cómo se encuentra actualmente los equipos utilizados forma de extracción, caudal y tuberías para el riego convencional

En el cuarto capítulo: Diseño de proyecto, diseño de extracción de agua, equipos, diseño de sistema de alimentación de sistema, almacenamiento de agua formas de riego a utilizar, sistema de control y elección de los equipos a utilizar

El quinto capítulo: Diseño del sistema de riego por goteo; construcción de estanque para el agua cálculos de tubería de extracción y riego medición, caudal y velocidad

En el sexto capítulo: Diseñó el algoritmo se desarrolla la parte del software para el manejo de PLC programación de PLC y simulación.

En el séptimo Capítulo: siete Armado de maqueta montaje de maqueta de equipos que simulan el proyecto para demostración se explica paso a paso.

Índice

Contenido

Capítulo I.....	17
Aspecto Informativo.....	17
1. Aspecto Informativo.....	18
1.1. Título Del Proyecto	18
1.2. Autores	18
1.2.1. Área De Investigación.....	18
1.2.2. Lugar De Ejecución	18
1.2.3. Duración Estimada.....	18
1.3. Aspectos De La Investigación	18
1.3.1. Planteamiento Del Problema.....	18
1.3.2. Revisión Bibliográfica	19
1.3.3. Formulación Del Problema Científico	23
1.3.4. Objetivos	23
1.3.5. Justificación E Importancia.....	23
1.3.6. Hipótesis	24
1.4. Definición De Términos Y Conceptos.	25
1.5. Operacionalización De Variables	26
1.6. Tipo De Investigación	27
Capítulo II	28
Marco Teórico.....	28
2.1. Energía fotovoltaica:	29
2.1.3. Módulos fotovoltaicos.	30
2.2. Regulador de carga:	36
2.2.6. La interconexión	39
2.2.7. Como ver el estado de carga de una batería.....	40
2.2.8. Interacción entre módulos fotovoltaicos y baterías.....	40
2.2.9. Tipos de Baterías.....	41
2.2.10. Las principales características son:	42
2.3. Sistema de riego	44
2.3.1. Ventajas E Inconvenientes	45

2.3.2. Características del riego por goteo.....	45
2.4. Componentes Principales De Un Riego Por Goteo Automatizado	48
2.5. Partes que consta un riego por goteo:.....	52
2.6. Fertirrigación.....	53
2.7. Electrobomba de agua solares	54
2.7.1. Las electrobombas solares sumergibles	54
2.7.2. Bomba de Agua Solar. Usos más habituales para el riego.....	54
2.7.3. Bombas de Agua sumergibles con paneles solares	55
2.7.4. Bombas de Agua de 12v	55
2.7.5. Aplicaciones de las bombas de agua 12v.....	55
2.7.6. Elementos de protección de la instalación fotovoltaica:	56
2.7.7. Diferenciales.	57
2.7.8. Protección Contra Contactos Indirectos.....	58
2.7.9. Protección Contra Sobrecargas, Cortocircuitos Y Sobretensiones.	58
2.8. Lenguaje FBD.	58
2.9. Sistemas de control:.....	60
2.10. Metodología:.....	66
2.10.1. Pasos para diseñar el sistema de extracción de agua.....	66
2.10.2. Pasos para diseñar el sistema fotovoltaico	66
2.10.3. Pasos para diseñar el sistema de almacenamiento de agua	66
2.10.4. Pasos para diseñar el sistema de riego.....	66
2.10.5. Pasos para diseñar el sistema de control	66
Capítulo III.....	67
Análisis de las necesidades y situación actual.....	67
3.1. Localización de los lugares:	68
3.2. Descripción de Zona de trabajo:.....	68
3.3. Puntos de referencia en el terreno:	68
3.4. Motor de fuerza para extracción:.....	70
3.5. Extracción:.....	71
Capítulo IV.....	73
Diseño del Proyecto de Tesis	73
4.1. Diseño del sistema de extracción de agua	74
4.1.1. Calcular la altura desde el nivel de agua hasta el nivel del terreno que se quiere elevar.	74
Longitud del pozo tubular: 60m.....	74
4.1.2. Bombas Sumergidas.....	74

4.1.3. Diseño del sistema fotovoltaico	76
4.1.4. Calcular la cantidad de potencia que necesita la bomba para poder elevar el agua al nivel requerido.	76
4.1.5. Calcular el diámetro necesario para las tuberías principales.	77
4.2. Diseño Del Sistema Fotovoltaico	77
4.2.1. Calcular la cantidad de paneles solares y la conexión necesaria para poder suministrar la energía para alimentar la bomba.....	77
4.2.2. Calcular la cantidad de baterías y la conexión que se necesita para almacenar la energía del panel solar.....	78
4.2.3. Calcular los requerimientos que necesitan los equipos que se utilicen como el regulador de carga e inversor.	78
4.3. Diseño del sistema de almacenamiento de agua.....	79
4.3.1. Calcular el volumen del estanque de almacenamiento de agua necesario para 2 hectáreas.....	79
4.4. Diseño del sistema de riego.....	81
4.4.1. Calcular según el tipo de planta y su distribución en el terreno la cantidad de tubería.....	81
4.4.2. Calcular la cantidad de goteros, codos, T y otros accesorios para la tubería.	81
4.5. Diseño del sistema de control.....	82
4.5.1. Calcular según el método de control, el plc necesario para soportar todos los requerimientos funcionales.	82
4.5.2. Elegir el lenguaje de control y el software más adecuado para resolver el problema.....	82
Capítulo V	83
Diseño del sistema de riego por goteo	83
5.1. Puntos que se deben cumplir en el sistema de riego por goteo:	84
5.1.1. Cálculos de tuberías para la extracción del agua	85
5.1.2. Sistema de riego por goteo para un área de 2 hectáreas:.....	88
Capítulo VI.....	90
Diseño del algoritmo de control Feed-forward	90
6. Feedforward	91
6.1.1. Teoría del control <i>feedforward</i>	92
6.2. Ejemplo de aplicación a un intercambiador de calor.....	93
6.3. Control feed forward y feed back.....	95
6.3.1. Diagrama de bloques del sistema de control feed forward utilizado en nuestro proyecto:.....	96
6.3.2. Especificaciones:.....	96
6.3.3. Parametros para el desarrollo del control feed forward:	96

6.4.1. Simulacion de control de nivel y control feed forward:.....	98
6.4.2. Control de nivel del estanque.....	99
6.4.3. Cotrol proporcional (realimentado):	99
6.4.4. Error de realimentacion.....	100
6.4.5. Control proporcional(kp)	100
Capítulo VII	110
Armado de Maqueta.....	110
7.1. Maqueta con el estanque y superficie para el riego.....	111
7.2. Superficie metálica aislada para contener la tierra y agua.....	111
7.3. Estanque de madera recubierto con geo membrana-lateral	112
7.4. Estanque de madera recubierto con geo membrana	112
7.5. Materiales para soldar, estaño, pasta, cautin	112
7.6. Componentes electrónicos varios	113
7.7. Sensor de temperatura analógico-lm35	113
7.8. Sensor analógico de humedad de suelo	113
7.9. Driver para sensores de nivel de agua para el estanque.....	114
7.10. Manguera unido con goteros.....	114
7.11. Llave manual, goteros, tapones para manguera	114
7.12. Conectores tipo L, conector tipo I.....	115
7.13. Manguera para riego por goteo	115
7.14. Geo membrana.....	115
7.15. Electroválvula on-off de 220v	116
7.16. Transformador reductor necesario para la electrobomba.....	116
7.17. Batería seca de 12v	116
7.18. Inversor de 12v a 220v por 500w.....	117
7.19. Electrobomba de 100v	117
7.20. Plc con fuente en funcionamiento	117
7.21. Plc zelio basic	118
7.22. Fuente de voltaje 24v	118
7.23. Cable de programación del plc.....	118
Conclusiones:	119
Capítulo VIII	120
Referencia Bibliográfica	120
Anexos.....	122
Elección de los paneles y bomba:	122

Uso directo para riego o bombeo a un depósito:	122
Caudal de la bomba de agua según la altura:	123
Funcionamiento de una bomba de agua sumergible solar:.....	124
Características de la bomba:.....	124
Elección de las baterías:	125
Detalles de construcción:	125
Elección del cargador de baterías:.....	126

Índice de figura

<i>FIGURA 1 (Sistema de Extracción y Almacenamiento)</i>	21
<i>FIGURA 2 (Tanques de almacenamiento)</i>	22
<i>FIGURA 3 (Diagrama de bloques del proyecto)</i>	25
<i>FIGURA 4 (Diagrama de bloques de funcionamiento de feed-forward)</i>	25
<i>FIGURA 5 (paneles solares)</i>	29
<i>FIGURA 6 (Detalles de construcción)</i>	30
<i>FIGURA 7 (Estructura de una celda solar)</i>	33
<i>FIGURA 8 (Célula fotovoltaica)</i>	34
<i>FIGURA 9 (Regulador de Voltaje)</i>	36
<i>FIGURA 10 (Baterías)</i>	39
<i>FIGURA 11 (Conexión de Baterías)</i>	40
<i>FIGURA 12 (Sistema de Riego)</i>	44
<i>FIGURA 13 (Húmeda de que requiere una planta)</i>	45
<i>FIGURA 14 (Gotero de Riego)</i>	46
<i>FIGURA 15 (Programador-PLC)</i>	48
<i>FIGURA 16 (Electroválvula)</i>	50
<i>FIGURA 17 (Reductor de Presión)</i>	51
<i>FIGURA 18 (Filtros)</i>	51
<i>FIGURA 19 (Tuberías)</i>	52
<i>FIGURA 20 (Fertirrigación)</i>	53
<i>FIGURA 21 (Bomba de Agua Solar)</i>	54
<i>FIGURA 22 (Diagrama a Bloques General de un Control Automático).</i>	60
<i>FIGURA 23 (Diagrama a Bloques que Representa el Control Encendido – Apagado).</i>	61
<i>FIGURA 24 (Control feed forward)</i>	65
<i>FIGURA 25 (Localización del lugar de trabajo)</i>	68
<i>FIGURA 26 (Puntos de referencia)</i>	69
<i>FIGURA 27 (Modelo de pozo de extracción)</i>	69
<i>FIGURA 28 (Circuito de irrigación con tuberías pvc)</i>	71
<i>FIGURA 29 (Mangas para riego por inundación)</i>	72
<i>FIGURA 30 (Diseño del sistema de extracción de agua)</i>	74
<i>FIGURA 31 (Conexión de Paneles)</i>	78
<i>FIGURA 32 (Conexión de Baterías)</i>	78
<i>FIGURA 33 (Medidas de Estanque)</i>	79
<i>FIGURA 34 (Medidas de estanque)</i>	80
<i>FIGURA 35 (Medidas del lugar de irrigación)</i>	81
<i>FIGURA 36 (Montaje de Geomembrana)</i>	84
<i>FIGURA 37 (Medidas de geo membrana para estanque)</i>	85
<i>FIGURA 38 (Medidas del lugar de irrigación)</i>	88
<i>FIGURA 39 (Diagrama de bloques)</i>	95

Índice de cuadros

<i>CUADRO 1 (Operacionalización de variables)</i>	27
<i>CUADRO 2 (Sub variables)</i>	27
<i>CUADRO 3 (Comparación de la energía solar)</i>	32
<i>CUADRO 4 (Estado de una batería)</i>	40
<i>CUADRO 5 (Cuadro de lenguaje FBD)</i>	59
<i>CUADRO 6 (Especificaciones técnicas de motor antiguo)</i>	70
<i>CUADRO 7 (Materiales y especificaciones)</i>	89

Capítulo I

Aspecto Informativo

1. Aspecto Informativo

1.1. Título Del Proyecto

SISTEMA DE RIEGO CONTROLADO CON FEED-FORWARD UTILIZANDO ENERGÍA SOLAR EN LA LOCALIDAD DE LA “TROCHA -JAYANCA”

1.2. Autores

- **León Huacal Franklin Isaí**
- Código: 095678-k
- E-mail:franklin_leon23@hotmail.com
- **Berrios Silva Oscar Jleanpierre**
- Codigo:092406-j
- E-mail:oscar_ber_sil@hotmail.com

Asesor

- Dr. Quispe Rojas Julio Ernesto

1.2.1. Área De Investigación

- CONTROL Y AUTOMATIZACION

1.2.2. Lugar De Ejecución

El diseño del proyecto se llevará a cabo en el fundo LA FORTUNA ubicado en el Departamento de Lambayeque Provincia de Lambayeque Distrito de Jayanca sector la trocha.

1.2.3. Duración Estimada

14 meses

1.3. Aspectos De La Investigación

1.3.1. Planteamiento Del Problema

Al visitar el fundo del señor Guadalupe León Olivos que se ubica al norte de Jayanca Distrito de Lambayeque en el sector conocido como la trocha y luego de observar se identificaron los siguientes problemas, por el lugar en el que se encuentran no cuentan con la conexión de energía eléctrica monofásica para cubrir su necesidad, en la actualidad cuentan con un panel fotovoltaico el cual suministra energía solo para la iluminación de su hogar. la extracción de agua con el método convencional y antiguo que es usando una motor diésel de 16hp de potencia y una bomba de 4 pulgadas para la extracción de agua con un caudal $5m^3$ por minuto, el cual tiene una inversión de 60.00 soles diarios por la compra de combustibles fósiles la cual se tiene un riego de 5 días al mes por hectárea.

Parte de la problemática es la falta de conocimiento del uso de riego tecnificado, la infraestructura y el uso de recursos renovables, como es la energía solar. El problema principal es la escases del agua por tal motivo el sistema de control conocido como feed-

forward permite a través de sensores de temperatura y humedad poder conocer en qué condiciones está el terreno antes de su irrigación, pudiendo controlar la cantidad de agua que se utiliza para regar y hacer un uso eficiente de la misma.

1.3.2. Revisión Bibliográfica

Antecedente 01:

Tipo De Antecedente: Regional

Título: “CONTROL DE AGUA EN LOS POZOS TUBULARES PARA EL RIEGO”

Autor: Aldo Yenque Gallo

Lugar: Olmos-Lambayeque

Institución donde se realizó la investigación:

Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo
Facultad De Ciencias Físicas Y Matemáticas
Escuela De Ingeniería Electrónica

Objetivo:

Es el de superar las deficiencias, empirismos aplicativos y las limitaciones por medio de un sistema de control automatizado en el grupo de bombeo y en los sectores de riego, el cual reducirá el uso de agua y por consecuencia energías eléctricas optimizando y mejorando así la producción y la calidad de vida del agricultor.

Conclusiones:

Con este proyecto el investigador llegó a la conclusión que los conceptos del impacto ambiental son aprobados y favorables a la comunidad, debido a que se controlara en gran cantidad el uso del agua y de energía para su funcionamiento.

Antecedente 02:

Tipo De Antecedente: Nacional

Título: “DISEÑO DE UN SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO CONTROLADO Y AUTOMATIZADO PARA UVA ITALIA”

Autor: José Carlos Cruz Concha

Lugar: Lima

Institución donde se realizó la investigación:

Pontificia Universidad Católica del Perú
Escuela De Ingeniería Electrónica

Objetivo:

Diseñar e implementar el transductor del sistema con la finalidad de convertir señales de presión de vacío provenientes del sensor, medición indirecta de la humedad del terreno, en señales eléctricas.

Luego se realizará el acondicionamiento de la señal eléctrica que se enviará a la etapa de control. La cual enviara señales a los actuadores que me permitirán controlar el flujo y presión del agua necesarios para el desarrollo eficaz de todas las plantas de uva.

Conclusiones:

Se lograron obtener mediciones de la variable de proceso (humedad) mediante la simulación del sensor del sistema para realizar pruebas en laboratorio. La estrategia de control aplicada combinada con el sistema de riego por goteo para este sistema en particular permite ahorrar teóricamente el $(1 - 125\,000/360\,000) \times 100\% = 65\%$ del total de agua utilizada bajo la técnica de riego por inundación, en esta última el consumo es 360 000 litros, mientras que con el sistema de riego por goteo controlado y automatizado se consumen 125 000 litros, durante las 5 horas que dura el proceso de riego.

Antecedente 03:

Tipo De Antecedente: Internacional

Título: “AUTOMATIZACIÓN DE UN SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO EN INVERNADERO PARA LA PRODUCCIÓN DEL CULTIVO DE TOMATE LYCOPERSICUM ESCULENTUM MILL EN LA HACIENDA LA TEODOMIRA”

Autores:

Marcillo Zambrano, Hermes Tobías
Ortega Cárdenas, José Witberto
Quijano Velásquez, Henry Alexander
Sornoza Medina, Jorge Alberto

Institución donde se realizó la investigación:

Universidad Técnica de Manabí
Facultad de Ingeniería Agronómica

Lugar: cantón Santa Ana, provincia de Manabí, Ecuador

Objetivo:

buscar una alternativa de producción mediante la automatización de un sistema de riego por goteo en invernadero para la producción del cultivo de tomate. Con el propósito de ahorrar y hacer eficiente el uso de agua.

Conclusiones:

Con el uso eficiente del agua se obtuvo una mayor producción de tomates ya que a las plantas se le suministraba la cantidad adecuada de agua y abonos para su desarrollo a través del riego por goteo automatizado.

- **Base teórica:**

Fuente de abastecimiento de energía:

La fuente de energía será el sol ya que a través de celdas fotovoltaicas se capta los rayos solares para esta convertirla en energía eléctrica útil y almacenarla en un banco de baterías, luego esta podrá ser usada de acuerdo a la necesidad requerida, antes pasara por un controlador de voltaje el cual se encargara distribuir mejor la energía.

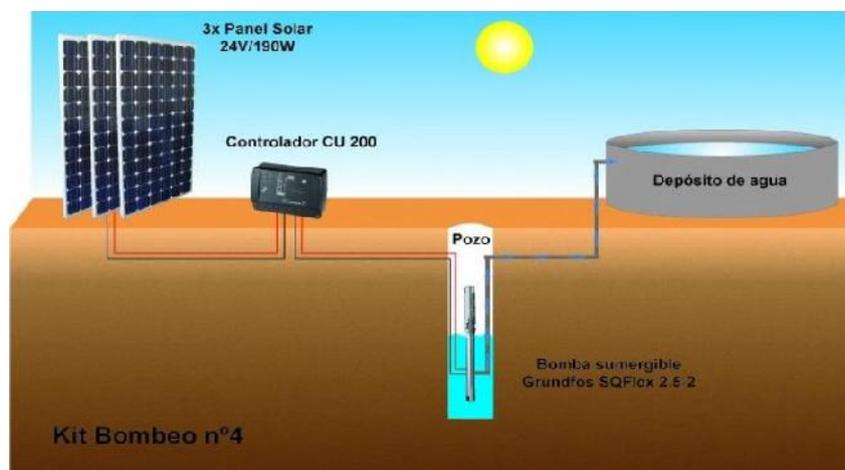


FIGURA 1(Sistema de Extracción y Almacenamiento)

Fuentes de abastecimiento del agua:

El agua subterránea representa una fracción importante de la masa de agua presente en los continentes, y se aloja en los acuíferos bajo la superficie de la Tierra. El volumen del agua

subterránea es mucho más importante que la masa de agua retenida en lagos o circulante, y aunque menor al de los mayores glaciares, las masas más extensas pueden alcanzar millones de kilómetros cuadrados.

Tanques de almacenamiento:

El tanque de almacenamiento tiene que ser de fibra geomembrana la cual es un material muy resistente, este material va puesta en tierra con la forma de laguna en la cual la capacidad de almacenaje será de 200m³ para poder cubrir y abastecer el área a sembrar.



FIGURA 2 (Tanques de almacenamiento)

Sistema de riego:

- El riego por goteo, igualmente conocido bajo el nombre de «riego gota a gota», es un método de irrigación utilizado en las zonas áridas pues permite la utilización óptima de agua y abonos.
- El agua aplicada por este método de riego se infiltra hacia las raíces de las plantas irrigando directamente la zona de influencia de las raíces a través de un sistema de tuberías y emisores (goteros).

Características:

- Utilización de pequeños caudales a baja presión.
- Localización del agua en la proximidad de las plantas a través de un número variable de puntos de emisión (emisores o goteros).
- Al reducir el volumen de suelo mojado, y por tanto su capacidad de almacenamiento, se debe operar con una alta frecuencia de aplicación, a caudales pequeños. Pero si el agua está a mucha presión subirá mejor hacia lugares de mayor altura.

Elementos de riego:

- Mangueras integrales
- Cintas de goteo
- Goteros de inserción

Equipo de bombeo:

Está constituido por una o más bombas cuyo tamaño y potencia depende de la superficie a regar. El dimensionamiento de la bomba debe ser tal que la presión requerida sea suficiente para vencer las diferencias de cota y las pérdidas de carga de todo el sistema. Las más usadas son de acción centrífuga abastecidas por energía eléctrica que va ser suministrada por las baterías que han sido previamente cargadas con los paneles fotovoltaicos.

1.3.3. Formulación Del Problema Científico

¿Cómo diseñar un sistema de riego controlado con Feed forward utilizando la energía solar para el fundo ubicado en el sector la trocha, valle de Motupe, Distrito de Jayanca, Provincia de Lambayeque, Departamento de Lambayeque?

1.3.4. Objetivos**Objetivo General**

Diseñar un sistema de riego controlado con Feed forward utilizando Energía solar para el fundo, en el sector la trocha, valle de Motupe, Distrito de Jayanca ,Provincia de Lambayeque ,Departamento de Lambayeque .

Objetivo Especifico

- Diseñar el sistema fotovoltaico.
- Diseñar un sistema de riego por goteo.
- Diseñar el algoritmo de control Feed forward.
- Implementar el prototipo y realizar pruebas de funcionamiento.

1.3.5. Justificación E Importancia

Para desarrollar y ver la eficacia que produce este sistema ya que el agricultor tendrá mejores beneficios, al implementar este sistema de riego también reducirá costos y ahorro de energía ya que estará evitando la contaminación del medio ambiente por lo que la energía renovable como la energía fotovoltaica, es una energía limpia sin contaminantes que dañen el medio ambiente.

Porque con el tiempo la escases de agua y de combustibles fósiles será mayor, ya que cada día se va agotando por el uso inadecuado, es por eso que se recomienda un sistema de riego más eficiente con energías naturales y que son renovables como la energía fotovoltaica.

Como el sistema estará basado en los cambios meteorológicos este tendrá muchas variables de entrada

Optamos por utilizar el sistema de riego controlado por feed forward ya que es un sistema avanzado que permite controlar de dos o más perturbaciones o errores estos pueden darse de manera eventual por el cambio de clima o datos tomados del medio

1.3.6. Hipótesis

Con este sistema de control se superará las deficiencias y los empirismos aplicados de parte del agricultor, si se implementa nuevos sistemas control feed-forward con el abastecimiento de energía solar ya que es un sistema rentable ,modernos, prácticos, confiables y seguros que existen en La Ingeniería De Control, que remplazaría a las antiguas y deficientes técnicas de irrigación por inundación.

Para el diseño del sistema de riego controlado si utilizamos *Feed forward* como sistema de control entonces obtendremos un ahorro adicional de agua en comparación a un sistema de riego automático tradicional porque para nuestro caso se basa en condiciones ambientales. Utilizaremos diez paneles de poli cristal de 24v a 400wats de potencia, esta cantidad es suficiente para suministrar a una bomba de 5hp o 3750wats que elevara el agua a una distancia de más de cien metros sin problemas, utilizando para ello un inversor de 4500wats, en el caso de que el sistema de bombeo esté en funcionamiento de noche estará sustentado por un banco de cinco baterías de GEL con una capacidad de 24v a 100Ah aproximadamente 12000wats de potencia por todo el banco, además se debe utilizar un cargador especial de una potencia semejante al banco, dado que las baterías de GEL son más robustas en condiciones ambientales difíciles y su ciclo de vida útil es más largo.

En la parte del estanque de 300m³ estará construido de concreto situado a unos metros del nivel del suelo, con esto se lograra irrigar con presión y en el caso de que sea insuficiente se optara por el uso de una bomba auxiliar de 3hp para aumentar la presión, utilizaremos tubos y accesorios para en riego por goteo con una cantidad de 13000m de tubería y 21000 goteros para la planta de yuca que se siembra entre plantas cada 60cm y entre surcos de 80cm.

El sistema Feed forward un sistema que se previene a los cambios climáticos y al cambio de humedad estas dos variable de entrada se encargaran de controlar el agua para cada plantación donde a través de un controlador PLC se encargara de dar órdenes a las electroválvulas que activaran el pase del agua hacia la plantación.

Para el sistema de control Feed forward, utilizaremos un PLC modular Schneider de gama media, utilizaremos servo válvulas industriales, sensores sumergibles industriales de nivel tipo on-off para el estanque y sensores de humedad y temperatura industriales para obtener medidas precisas y confiables, en el punto de sensores de humedad se utilizaran unos cien sensores que se comunicaran con el PLC con protocolos seriales de master-Slave utilizando para ello un par de hilos de comunicación que me permitirán la comunicación con todos los sensores sin el uso de muchos cables.

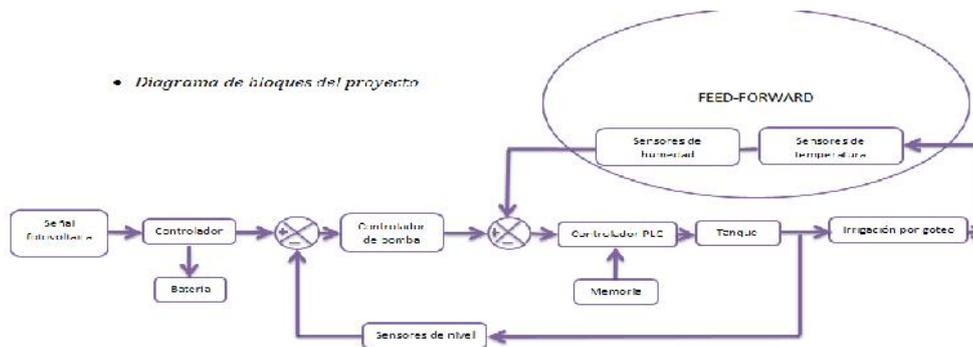


FIGURA 3 (Diagrama de bloques del proyecto)

1.4. Definición De Términos Y Conceptos.

- **El término Feed-forward (o pre alimentación):**

Describe un tipo de sistema que reacciona a los cambios en su entorno, normalmente para mantener algún estado concreto del sistema. Un sistema que exhibe este tipo de comportamiento responde a las alteraciones de manera predefinida, en contraste con los sistemas retroalimentados.

- El sistema feed-forward puede responder más rápidamente a los tipos de variables medibles y conocidas. Un sistema retroalimentado maneja cualquier alteración del comportamiento deseado, pero requiere que la variable medible del sistema (la salida) reaccione a las alteraciones para registrar así su aparición.
- *Diagrama de bloques de funcionamiento de feed-forward:*

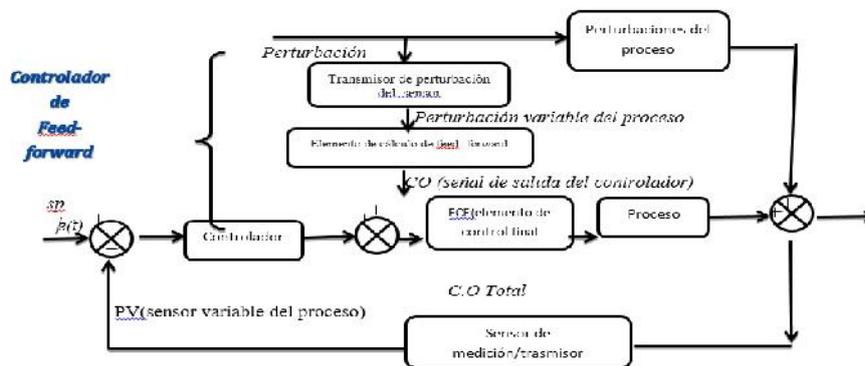


FIGURA 4 (Diagrama de bloques de funcionamiento de feed-forward)

- **La energía solar fotovoltaica:**

Es una fuente de energía que produce electricidad de tipo renovable, obtenida directamente a partir de la radiación solar mediante un dispositivo semiconductor denominado célula fotovoltaica, o bien mediante una inserción de metales sobre un sustrato denominada célula solar de película fina.

- **El riego por goteo:**

Igualmente conocido bajo el nombre de «riego gota a gota», es un método de irrigación utilizado en las zonas áridas pues permite la utilización óptima de agua y abonos.

- **Un controlador lógico programable:**

Más conocido por sus siglas en inglés PLC (programmable logic controller), es una computadora utilizada en la ingeniería automática o automatización industrial, para controlar procesos electromecánicos, tales como el control de la maquinaria de la fábrica en líneas de montaje o atracciones mecánicas. Los PLC son utilizados en muchas industrias y máquinas. A diferencia de las computadoras de propósito general, el PLC está diseñado para múltiples señales de entrada y de salida, rangos de temperatura ampliados, inmunidad al ruido eléctrico y resistencia a la vibración y al impacto.

1.5. Operacionalización De Variables

Variable independiente:

SISTEMA DE RIEGO CONTROLADO CON FEED-FORWARD

Variable dependiente:

UTILIZANDO ENERGÍA SOLAR EN LA LOCALIDAD DE LA “TROCHA –JAYANCA

VARIABLE		DIMENSIONES	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADOR
Independiente	SISTEMA DE RIEGO CONTROLADO POR FEED-FORWARD	Sistema de riego	Se denomina así al conjunto de estructuras, que hace posible que una determinada área pueda ser cultivada con la aplicación del agua necesaria a las plantas.	*caudal L/min *Flujo de irrigación l/h
		Controlado con Feed-forward	Describe un tipo de sistema que reacciona a los cambios en su entorno, normalmente para mantener algún estado concreto del sistema	
		Riego por goteo	Es un método de irrigación utilizado en las zonas áridas pues permite la utilización óptima de agua y abonos.	L/h (litros por Hora)

Dependiente	UTILIZANDO ENERGÍA SOLARE EN LA LOCALIDAD LA TROCHA - JAYANCA	Energía solares	Es una fuente de energía de origen renovable, obtenida a partir del aprovechamiento de la radiación electromagnética procedente del Sol.	W/m ² (vatio por metro cuadrado)
		Paneles solares	Es un dispositivo que aprovecha la energía de la radiación solar. Utilizados para generar electricidad mediante energía solar fotovoltaica.	W/m ²
		Localidad la trocha- Jayanca	Lugar de estudio del proyecto	Hectáreas

CUADRO 1 (Operacionalización de variables)

Sub variables

Variable	Dimensión	indicador	Instrumento de medición
Flujo de bomba	Litros/min	Estado var	Caudalímetro
Flujo de irrigación	Litros/hora	Estado var	Caudalímetro
Sensor de temperatura	mili voltios	Estado var	Voltímetro
Sensor de humedad	mili voltios	Estado var	Voltímetro
Sensores de nivel	Switch on-off	Estado fijo	Multímetro
Consumo en watts	Vatios	Estado var	Vatímetro

CUADRO 2(Sub variables)

1.6.Tipo De Investigación

Investigación tecnológica –tecnología física

Capítulo II

Marco Teórico

2.1. Energía fotovoltaica:

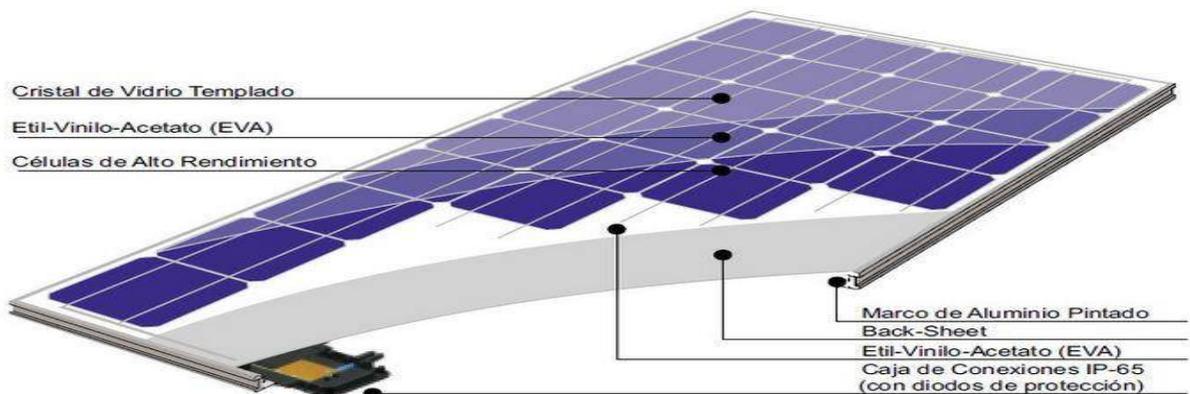


FIGURA 5 (paneles solares)

La energía solar fotovoltaica se basa en la captación de energía del sol y su transformación en energía eléctrica por medio de celdas fotovoltaicas.

Estos materiales semiconductores, son utilizados como celdas fotovoltaicas, han de ser producidos en purzas muy altas, normalmente con estructura cristalina.

La conversión de la energía solar a eléctrica se realiza de manera limpia y directa.

Existen dos elementos que sustentan la utilización de la energía fotovoltaica: "La necesidad de proteger el medio ambiente y la necesidad de crecer económicamente"

2.1.1. Fabricación

A partir de las rocas ricas en cuarzo, por ejemplo cuarcita se obtiene silicio de alta pureza (de alrededor del 99%) y se funde.

Una vez fundido se inicia la cristalización, resultando, si el tiempo es suficiente, lingotes de silicio cristalino

El proceso de corte es muy importante ya que puede suponer pérdidas de hasta el 50% de material.

Tras el proceso de corte se procede al decapado, que consiste en eliminar las irregularidades y defectos debidos al corte, así como los restos de polvo o virutas que pudiera haber.

Una vez limpia se le realiza un tratamiento antirreflectante para obtener una superficie que absorba más eficientemente la radiación solar.

Formación de la unión p-n mediante la deposición de varios materiales (boro y fósforo generalmente), y su integración en la estructura de silicio cristalino.

Finalmente provee a la célula de contactos eléctricos adecuados.

1

2 imagen: <http://eliseosebastian.com/elementos-de-un-panel-solar-fotovoltaico/>

2.1.2. Tipos

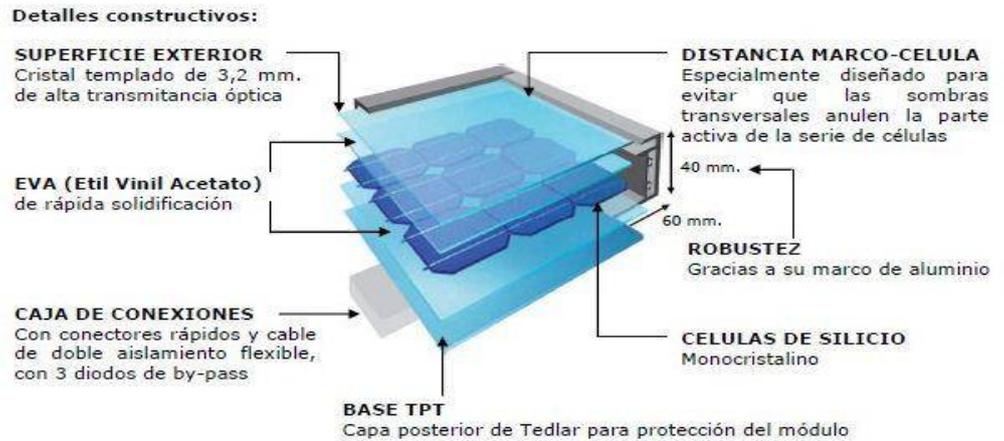


FIGURA 6 (Detalles de construcción)

Silicio Monocristalino: material de silicio caracterizado por una disposición ordenada y periódica de átomo, es decir, todos los átomos están dispuestos simétricamente. sc-Si (single crystal). Presentan un color azulado oscuro y con un cierto brillo metálico. Alcanzan rendimientos de hasta el 17%.

Silicio Poli cristalino: silicio depositado sobre otro sustrato, como una capa de 10-30 micrómetros y tamaño de grano entre 1 micrómetro y 1 mm. Las direcciones de alineación van cambiando cada cierto tiempo durante el proceso de deposición. Alcanzan rendimientos de hasta el 12%.

Silicio amorfo: compuesto hidrogenado de silicio, no cristalino, depositado sobre otra sustancia con un espesor del orden de 1 micrómetro. am-Si, o am-Si:H No existe estructura cristalina ordenada, y el silicio se ha depositado sobre un soporte transparente en forma de una capa fina. Presentan un color marrón y gris oscuro.

Las células de silicio amorfo (no cristalino) parecen tener unas perspectivas de futuro muy esperanzadoras. Esta tecnología permite disponer de células de muy delgado espesor y fabricación más simple y barata, aunque con eficiencia del 6-8%. Su principal campo de aplicación en la actualidad se encuentra en la alimentación de relojes, calculadoras, etc. Son muy adecuadas para confección de módulos semitransparentes empleados en algunas instalaciones integradas en edificios.²

2.1.3. Módulos fotovoltaicos.

Conjunto completo, medioambientalmente protegido, de células interconectadas.

En general las células tienen potencias nominales próximas a 1Wp, lo que quiere decir que con una radiación de 1000W/m² proporcionan valores de tensión de unos 0,5 V y una corriente de unos dos amperios.

Para obtener potencias utilizables para aparatos de mediana potencia, hay que unir un

3 fragmentos de texto: <http://energiasolarfotovoltaica.blogspot.pe/2006/01/energia-solar-fotovoltaica.html>

cierto número de células con la finalidad de obtener la tensión y la corriente requeridas. Para tener más tensión hay que conectar varias células en serie. Conectando 36 (dimensiones normales, 7.6 cm de diámetro) se obtienen 18 V, tensión suficiente para hacer funcionar equipos a 12V, incluso con iluminaciones mucho menores de 1kW/m². La unidad básica de las instalaciones fotovoltaicas es, pues, la placa fotovoltaica, que contiene entre 20 y 40 células solares; estas placas se conectan entre sí en serie y/o paralelo para obtener el voltaje deseado (12V, 14V, etc.). Estas células interconectadas y montadas entre dos láminas de vidrio que las protegen de la intemperie constituyen lo que se denomina un módulo fotovoltaico

2.1.4. Energías Renovables:

SOLAR – HIDRÁULICA – EÓLICA – BIOMASA –MAREOMOTRIZ-
ENERGÍA DE LAS OLAS - GEOTÉRMICA

2.1.5. Energías no renovables:

CARBÓN – PETRÓLEO – GAS NATURAL

El consumo de energía es necesario para el desarrollo económico y social entonces, ¿Por qué es necesario utilizar fuentes energéticas diferentes de las tradicionales? Ante esta pregunta se pueden enumerar diversas razones, por ejemplo:

- Las energías no renovables se van agotando
- Pueden producir impactos negativos en el medio ambiente
- No aseguran el abastecimiento energético desde el exterior

Las energías renovables proceden del sol, del viento, del agua de los ríos, del mar del interior de la tierra y de los residuos. Hoy constituyen un complemento a las energías convencionales fósiles (carbón, petróleo, gas natural) cuyo consumo actual, cada vez más elevado, está provocando el agotamiento de los recursos y graves problemas ambientales. Se pueden destacar las siguientes ventajas de las energías renovables respecto a las energías convencionales³

4fragmento de texto 'mfv': <http://energiasolarfotovoltaica.blogspot.pe/2006/01/celulas-solares.html>
fragmento de texto 'er': http://www.agora.ulpgc.es/ficheros/INTRODUCCION_RENOVABLES.pdf

	<i>E Renovables</i>	<i>E Convencionales</i>
<i>ventajas medioambientales</i>	<i>No producen emisiones de CO2 y otros gases contaminantes a la atmosfera</i>	<i>Las energías producidas a partir de combustible fósiles (petróleo, gas y carbón) si los producen.</i>
	<i>No generan residuos de difícil tratamiento</i>	<i>La energía nuclear y os combustibles fósiles generan residuos que suponen durante generaciones una amenaza para el medioambiente</i>
	<i>Son inagotables</i>	<i>son finitas</i>
<i>Ventajas estratégicas</i>	<i>Son autóctonas</i>	<i>Los combustibles fósiles existen solo en un número limitado de países.</i>
	<i>disminuyen la dependencia exterior</i>	<i>los combustibles fósiles son importados en un alto porcentaje</i>
<i>ventajas socioeconómicas</i>	<i>Crean cinco veces más puestos de trabajo que las convencionales</i>	<i>Crean muy pocos puestos de trabajo respecto a su volumen de negocios</i>
	<i>Han permitido desarrollar tecnologías propias</i>	<i>Utilizan en su gran mayoría tecnología importada</i>

CUADRO 3 (Comparación de la energía solar)

2.1.6. La conversión fotovoltaica.

La conversión fotovoltaica se basa en el efecto fotoeléctrico, Para llevar a cabo esta conversión se utilizan unos dispositivos denominados células solares, constituidos por materiales semiconductores en los que artificialmente se ha creado un campo eléctrico constante (mediante una unión p-n).

Consiste en la captación de la energía radiante procedente del sol, equivalente a 3,8 E20 MW.

Es emitida por su superficie a la temperatura de 13 millones de grados (producida por las fusiones de átomos de Hidrógeno para formar Helio).

Se transmite por el espacio en forma de fotones de luz. Estos fotones atraviesan la atmósfera terrestre perdiendo parte de su energía por los impactos con la misma. Esta

pérdida de energía será función de la distancia que recorre (latitud y altitud del sol) y del tipo de atmósfera que atraviesen (clara o nublada) hasta alcanzar la superficie de la Tierra.⁴ Cuando fotones de un determinado rango de energía chocan con átomos de ciertos materiales semiconductores (el Silicio es el más representativo) les ceden su energía produciendo un desplazamiento de electrones que es en definitiva una corriente eléctrica. Estos fotones se caracterizan por su energía y su longitud de onda (que forman lo que se llama espectro solar). Solo una parte de este espectro (que depende del material semiconductor) es aprovechada para el desplazamiento de los electrones. Los materiales semiconductores, para su utilización en celdas fotovoltaicas, han de ser producidos en purzas muy altas, normalmente con estructura cristalina. Estos cristales se cortan en rebanadas muy finas (del orden de micras) y se dopan unas con elementos químicos para producir huecos atómicos, lado "p", (en el caso del Si con Boro) y otras con otros elementos para producir electrones móviles, lado "n", (con Fósforo también en el caso del Sí). La unión de una rebanada "n" con una rebanada "p" (ambas son transparentes y por tanto dejan pasar los fotones) cada una con un conductor eléctrico metálico, forman así una célula fotoeléctrica, la cual bajo la incidencia de fotones, crea una corriente de electrones corriente eléctrica continua- a través del circuito eléctrico al que estén conectados los dos conductores de la celda.

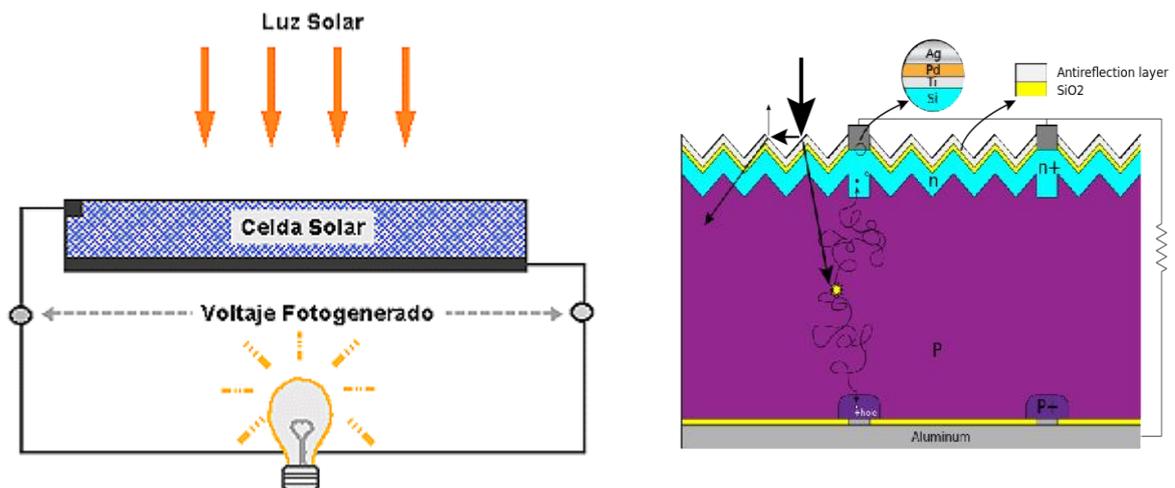


FIGURA 7 (Estructura de una celda solar)

2.1.7. Principio de funcionamiento.

En un semiconductor expuesto a la luz, un fotón de energía arranca un electrón, creando a la vez un «hueco» en el átomo excitado. Normalmente, el electrón encuentra rápidamente otro hueco para volver a llenarlo, y la energía proporcionada por el fotón, por tanto, se disipa en forma de calor. El principio de una célula fotovoltaica es obligar a los electrones y a los huecos a avanzar hacia el lado opuesto del material en lugar de simplemente

5 cuadros comparativos: http://www.agora.ulpgc.es/ficheros/INTRODUCCION_RENOVABLES.pdf

recombinarse en él: así, se producirá una diferencia de potencial y por lo tanto tensión entre las dos partes del material, como ocurre en una pila.⁵

Para ello, se crea un campo eléctrico permanente, a través de una unión pn, entre dos capas dopadas respectivamente, p y n. En las células de silicio, que son mayoritariamente utilizadas, se encuentran por tanto:

- La capa superior de la celda, que se compone de silicio dopado de tipo n En esta capa, hay un número de electrones libres mayor que en una capa de silicio puro, de ahí el nombre del dopaje n, negativo. El material permanece eléctricamente neutro, ya que tanto los átomos de silicio como los del material dopante son neutros: pero la red cristalina tiene globalmente una mayor presencia de electrones que en una red de silicio puro.
- La capa inferior de la celda, que se compone de silicio dopado de tipo p Esta capa tiene por lo tanto una cantidad media de electrones libres menor que una capa de silicio puro. Los electrones están ligados a la red cristalina que, en consecuencia, es eléctricamente neutra pero presenta *huecos*, positivos (p). La conducción eléctrica está asegurada por estos portadores de carga, que se desplazan por todo el materia

2.1.8. Los paneles o módulos fotovoltaicos

Llamados comúnmente paneles solares, aunque esta denominación abarca además otros dispositivos están formados por un conjunto de células fotovoltaicas que producen electricidad a partir de la luz que incide sobre ellos mediante el efecto fotoeléctrico.

Los paneles fotovoltaicos, en función del tipo de célula que los forman, se dividen en:



FIGURA 8 (Célula fotovoltaica)

Cristalinas

Monocristalinas:

se componen de secciones de un único cristal de silicio (Si) (reconocibles por su forma circular u octogonal, donde los 4 lados cortos, si se puede apreciar en la imagen, se aprecia que son curvos, debido a que es una célula circular recortada).

Policristalinas: cuando están formadas por pequeñas partículas cristalizadas.

Amorfas: cuando el silicio no se ha cristalizado.

6 fragmentos de texto: <http://energiasolarfotovoltaica.blogspot.pe/2006/01/celulas-solares.html>

Su efectividad es mayor cuanto mayor son los cristales, pero también su peso, grosor y costo. El rendimiento de las primeras puede alcanzar el 22 % mientras que el de las últimas puede no llegar al 10 %, sin embargo su costo y peso es muy inferior.

El costo de los paneles fotovoltaicos se ha reducido de forma constante desde que se fabricaron las primeras células solares comerciales su coste medio de generación eléctrica ya es competitivo con las fuentes de energía convencionales en un creciente número de regiones geográficas, alcanzando la paridad de red

2.1.9. Eficiencia en la conversión de energía

La eficiencia de una célula solar (η , "eta"), es el porcentaje de potencia convertida en energía eléctrica de la luz solar total absorbida por un panel, cuando una célula solar está conectada a un circuito eléctrico. Este término se calcula usando la relación del punto de potencia máxima, P_m , dividido entre la luz que llega a la celda, irradiancia (E , en W/m^2), bajo condiciones estándar (STC) y el área superficial de la célula solar (A_c en m^2).

$$\eta = \frac{P_m}{E * A_c}$$

La STC especifica una temperatura de 25 °C y una irradiancia de 1000 W/m^2 con una masa de aire espectral de 1,5 (AM 1,5). Esto corresponde a la irradiación y espectro de la luz solar incidente en un día claro sobre una superficie solar inclinada con respecto al sol con un ángulo de 41,81° sobre la horizontal.

Esta condición representa, aproximadamente, la posición del sol de mediodía en los equinoccios de primavera y otoño en los estados continentales de los EEUU con una superficie orientada directamente al sol. De esta manera, bajo estas condiciones una célula solar típica de 230 cm^2 (6 pulgadas de ancho), y de una eficiencia del 16 %, aproximadamente, se espera que pueda llegar a producir una potencia de 4,4 W.

2.1.10. Factor de llenado

Otro término para definir la eficacia de una célula solar es el *factor de llenado* o *fill factor* (FF), que se define como la relación entre el máximo punto de potencia dividido entre el voltaje en circuito abierto (V_{oc}) y la corriente en cortocircuito I_{sc} :

$$FF = \frac{\eta * A_c * E}{V_{oc} * I_{sc}}$$

2.2. Regulador de carga:



FIGURA 9 (Regulador de Voltaje)⁶

El objetivo del regulador es alargar la vida útil de la batería, evitando que esta sufra cargas y descargas profundas que estén fuera de sus límites permisibles. La carga de la batería se mide en Ah y está directamente relacionado en proporción directa a la densidad del electrolito. Entonces, una forma de medir la capacidad es a través de la medida de la densidad o gravedad específica del líquido contenido en el acumulador (electrolito). La densidad expresa cuánto pesa el electrolito en comparación con la misma cantidad de agua, y se mide con un densímetro o hidrómetro. El densímetro más común es el utilizado para automoción, que indica la carga en porcentaje. Presenta el inconveniente de que está calibrado para el electrolito utilizado en acumuladores de arranque y no estacionarios, por lo que marcará siempre menos de lo real (50% para un acumulador estacionario completamente cargado).

Otra de las características del regulador es controlar las sobrecargas y descargas muy profundas; para realizar esto, instante a instante, el regulador debe medir de alguna manera el estado de carga de la batería y compararlo con niveles permisibles tanto inferiores como superiores. Sería caro utilizar un densímetro como transductor y a través de este obtener una medida de la carga de la batería.

Cuanto mayor es la gravedad específica del electrolito, mayor es el estado de carga. El voltaje de cada vaso o celda, y por tanto el de la batería, es también mayor. Por lo tanto un buen acierto para medir el estado de carga de una batería en buen estado es medir el voltaje de carga de esta. Es seguro que este valor nos servirá para tener una idea del nivel de carga de la batería comparando la tensión con las correspondientes a un nivel de carga inferior y uno superior.

2.2.1. Principio de funcionamiento

Dispositivo encargado de proteger a la batería frente a sobrecargas y sobre descargas profundas.

⁶ figura: <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/objetos/figutut192/fig11tut192.jpg>
fragmentos de texto 'e-fill': <http://paneles-fotovoltaicos.blogspot.com/>

El regulador de tensión controla constantemente el estado de carga de las baterías y regula la intensidad de carga de las mismas para alargar su vida útil. También genera alarmas en función del estado de dicha carga. Los reguladores actuales introducen microcontroladores para la correcta gestión de un sistema fotovoltaico. Su programación elaborada permite un control capaz de adaptarse a las distintas situaciones de forma automática, permitiendo la modificación manual de sus parámetros de funcionamiento para instalaciones especiales. Incluso los hay que memorizan datos que permiten conocer cuál ha sido la evolución de la instalación durante un tiempo determinado. Para ello, consideran los valores de tensión, temperatura, intensidad de carga y descarga, y capacidad del acumulador. Existen dos tipos de reguladores de carga, los lineales y los conmutados⁷

2.2.2. Igualación

Esta respuesta del regulador permite la realización automática de cargas de igualación de los acumuladores tras un período de tiempo en el que el estado de carga ha sido bajo, reduciendo al máximo el gaseo en caso contrario.

2.2.2.1.1. Carga Profunda

Tras la igualación, el sistema de regulación permite la entrada de corriente de carga a los acumuladores sin interrupción hasta alcanzar el punto de tensión final de carga. Alcanzado dicho punto el sistema de regulación interrumpe la carga y el sistema de control pasa a la segunda fase, la flotación. Cuando se alcanza la tensión final de carga, la batería ha alcanzado un nivel de carga próximo al 90% de su capacidad, en la siguiente fase se completará la carga.

2.2.3. Carga Final Y Flotación

La carga final del acumulador se realiza estableciendo una zona de actuación del sistema de regulación dentro de lo que denominamos “Banda de Flotación Dinámica”. La BFD es un rango de tensión cuyos valores máximo y mínimo se fijan entre la tensión final de carga y la tensión nominal + 10% aproximadamente. Una vez alcanzado el valor de voltaje de plena carga de la batería, el regulador inyecta una corriente pequeña para mantenerla a plena carga, esto es, inyecta la corriente de flotación. Esta corriente se encarga por tanto de mantener la batería a plena carga y cuando no se consume energía se emplea en compensar la Autodescarga de las baterías.

8 fragmentos de texto: <http://energiasolarfotovoltaica.blogspot.pe/2006/01/el-regulador-de-carga.html>

2.2.4. Indicadores De Estado:

2.2.4.1.Desconexión Del Consumo Por Baja Tensión De Batería

La desconexión de la salida de consumo por baja tensión de batería indica una situación de descarga del acumulador próxima al 70% de su capacidad nominal.

Si la tensión de la batería disminuye por debajo del valor de tensión de maniobra de desconexión de consumo durante más de un tiempo establecido, se desconecta el consumo. Esto es para evitar que una sobrecarga puntual de corta duración desactive el consumo. Tensión de desconexión del consumo: tensión de la batería a partir de la cual se desconectan las cargas de consumo.

2.2.4.2.Alarma Por Baja Tensión De Batería

La alarma por baja tensión de batería indica una situación de descarga considerable. A partir de este nivel de descarga las condiciones del acumulador comienzan a ser comprometidas desde el punto de vista de la descarga y del mantenimiento de la tensión de salida frente a intensidades elevadas.

Esta alarma está en función del valor de la tensión de desconexión de consumo (siempre se encontrará 0,05 volt/elem. por encima).

En el regulador DSD, Si la tensión de la batería disminuye por debajo del valor de la alarma durante más de 10segundos aprox. se desconecta el consumo. El regulador entra entonces en la fase de igualación y el consumo no se restaurará hasta que la batería no alcance media carga. Además, incluye una señal acústica para señalar la batería baja

2.2.4.3.Protecciones Típicas

Contra sobrecarga temporizada en consumo

Contra sobretensiones en paneles, baterías y consumo.

Contra desconexión de batería.

2.2.4.4.Indicadores De Estado/ Señalizadores Habituales

Indicadores de tensión en batería.

Indicadores de fase de carga.

Indicadores de sobrecarga/ cortocircuito.

2.2.4.5.Parámetros A Calcular, Dimensionamiento

Tensión nominal: la del sistema (12, 24, 48)

Intensidad del regulador: la intensidad nominal de un regulador ha de ser mayor que la recibida en total del campo de paneles FV.

Parámetros importantes que determinan su operación

-Intensidad Máxima de Carga o de generación: Máxima intensidad de corriente procedente del campo de paneles que el regulador es capaz de admitir.

-Intensidad máxima de consumo: Máxima corriente que puede pasar del sistema de

regulación y control al consumo.

-Voltaje final de carga: Voltaje de la batería por encima del cual se interrumpe la conexión entre el generador fotovoltaico y la batería, o reduce gradualmente la corriente media entregada por el generador fotovoltaico (I flotación). Vale aproximadamente 14.1 para una batería de plomo ácido de tensión nominal 12V.

La tarea del regulador se simplifica en controlar constantemente la tensión de la batería durante su carga, cortando el paso de la corriente cuando esté totalmente cargada y detectar cuando la tensión de las baterías ha descendido y reanudar la carga de ésta

El regulador es la parte fundamental de un sistema autónomo ya que permite el tránsito de corriente del panel hacia la batería y de la batería hacia la carga. Por lo tanto el regulador es el que protege a la batería de sobrecargas, bajas tensiones y de cortocircuitos.⁸

2.2.5. Regulador inteligente,

Es decir que esté gobernado por un microcontrolador, el cual mediante conversiones analógicas digitales obtendrá el nivel de carga (tensión) de la batería instante a instante, para así tomar una decisión. El conjunto de rutinas incluidas en el microcontrolador hará que éste posea un control sobre la situación de carga y descarga de la batería, haciendo esta situación la más conveniente para hacer duradera la vida de la batería.

Baterías.

La función prioritaria de las baterías en un sistema de generación fotovoltaico es la de acumular la energía que se produce durante las horas de luminosidad para poder ser utilizada en la noche o durante periodos prolongados de mal tiempo.

Otra importante función de las baterías es la de proveer una intensidad de corriente superior a la que el dispositivo fotovoltaico puede entregar.



FIGURA 10 (Baterías)

Tal es el caso de un motor, que en el momento del arranque puede demandar una corriente de 4 a 6 veces su corriente nominal durante unos pocos segundos.

2.2.6. La interconexión

La interconexión entre baterías para sumar los amperios en un banco de baterías se interconectan en paralelo

9 fragmentos de texto: <http://energiasolarfotovoltaica.blogspot.pe/2006/01/el-regulador-de-carga.html>

Permite obtener una salida de dos veces la capacidad total de las baterías individuales manteniendo el mismo voltaje nominal

En el siguiente ejemplo donde hay 200Ah 12 V conectados en paralelo , vamos a tener una tensión de salida de 12V y una capacidad total de 400Ah.

Si las baterías están conectadas en paralelo (POSITIVO A POSITIVO Y NEGATIVO A NEGATIVO) las tensiones no cambian, pero se sumaran sus capacidades de corriente. Solo se deben conectar en paralelo baterías de igual tensión y capacidad.⁹

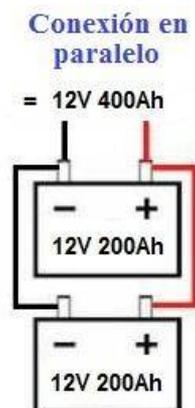


FIGURA 11 (Conexión de Baterías)

2.2.7. Como ver el estado de carga de una batería.

La más exacta es la medición de la densidad del electrolito, si usted no tiene un hidrómetro, gracias a la tabla siguiente podemos saber más o menos el porcentaje de carga de la batería mediante la medición de la tensión en los terminales de carga con un voltímetro electrónico

Carga%	99	90	80	70	60	50	40	30	20	10
Voltaje V	12,91	12,80	12,66	12,52	12,38	12,06	12,06	11,90	11,70	11,42

CUADRO 4 (Estado de una batería)

2.2.8. Interacción entre módulos fotovoltaicos y baterías.

Normalmente el banco de baterías y los módulos fotovoltaicos trabajan conjuntamente para alimentar las cargas. Durante la noche toda la energía demandada por la carga la provee el banco de baterías. En horas tempranas de la mañana los módulos comienzan a generar, pero si la corriente que entregan es menor que la que la carga exige, la batería deberá contribuir en el aporte. A partir de una determinada hora de la mañana la energía generada por los módulos fotovoltaicos superada la energía promedio demandada. Los módulos no solo atenderán la demanda, sino que, además, todo exceso se almacenara en la batería que empezara a cargarse y a recuperarse de su descarga de la noche anterior. Finalmente, durante la tarde, la corriente generada decrece y cualquier diferencia

10 fragmento de texto 'bateria': http://energiasolarfotovoltaica.blogspot.pe/2006/01/la-bateria_29.html

con la demanda la entrega a la batería. En la noche, la generación es nula y todo el consumo lo afronta la batería.

2.2.9. Tipos de Baterías

Baterías de plomo - ácido de electrolito líquido

Las baterías de plomo - ácido se aplican ampliamente en los sistemas de generación fotovoltaicos.

Dentro de la categoría plomo - ácido, las de plomo - antimonio, plomo - selenio y plomo - calcio son las más comunes.

La unidad de construcción básica de una batería es la celda de 2 Volts.

Dentro de la celda, la tensión real de la batería depende de su estado de carga, si está cargando, descargando o en circuito abierto.

En general, la tensión de una celda varía entre 1,75 Volts y 2,5 Volts, siendo el promedio alrededor de 2 Volts, tensión que se suele llamar nominal de la celda.

Cuando las celdas de 2 Volts se conectan en serie (POSITIVO A NEGATIVO) las tensiones de las celdas se suman, obteniéndose de esta manera, baterías de 4,6,12 Volts, etc...

Dentro de las baterías de plomo - ácido, las denominadas estacionarias de bajo contenido de antimonio son una buena opción en sistemas fotovoltaicos. Ellas poseen unos 2500 ciclos de vida cuando la profundidad de descarga es de un 20 % (es decir que la batería estará con un 80 % de su carga) y unos 1200 ciclos cuando la profundidad de descarga es del 50 % (batería con 50 % de su carga).

Las baterías estacionarias poseen además, una baja auto-descarga (3 % mensual aproximadamente contra un 20 % de una batería de plomo - ácido convencional) y un reducido mantenimiento.

Dentro de estas características se encuadran también las baterías de plomo-calcio y plomo-selenio, que poseen una baja resistencia interna, valores despreciables de gasificación y una baja auto descarga.

Baterías selladas Gelificadas

Estas baterías incorporan un electrolito del tipo gel con consistencia que puede variar desde un estado muy denso al de consistencia similar a una jalea. No se derraman, pueden montarse en casi cualquier posición y no admiten descargas profundas.

Electrolito absorbido

El electrolito se encuentra absorbido en una fibra de vidrio micro poroso o en un entramado de fibra polimérica. Al igual que las anteriores no se derraman, admiten cualquier posición y admiten descargas moderadas.

Tanto estas baterías como las Gelificadas no requieren mantenimiento en forma de agregado de agua, no desarrollan gases evitando el riesgo de explosión, pero ambas requieren descargas poco profundas durante su vida de servicio.

2.2.10. Las principales características son:

- 1) El electrolito es alcalino
- 2) Admiten descargas profundas de hasta el 90% de la capacidad nominal
- 3) Bajo coeficiente de autodescarga
- 4) Alto rendimiento ante variaciones extremas de temperatura
- 5) La tensión nominal por elemento es de 1,2 Volts
- 6) Alto rendimiento de absorción de carga (mayor al 80 %)
- 7) Muy alto costo comparadas con las baterías ácidas.

Funcionamiento

Si se examina una batería, esta tiene dos terminales. Una terminal está marcada (+) positivo mientras la otra está marcada (-) negativo. En una AA, o C (baterías más comunes) los extremos son los terminales. En una batería de auto existen dos grandes tubos que actúan de terminales. Los electrones se agrupan en la terminal negativa de la batería. Si se conecta un cable entre las terminales positivas y negativas, los electrones pasarán de la terminal negativa a la positiva tan rápido como puedan (y descargarán a la batería muy rápido -esto también tiende a ser peligroso, especialmente con baterías grandes, así que no es algo que debería hacer-). Normalmente se coloca algún tipo de artefacto a la batería con el cable. Este artefacto puede ser una bombilla, un motor, un circuito electrónico como un radio, etc. Dentro de la batería misma, una reacción química produce electrones, y la velocidad de la producción de electrones hecha por esta reacción (la resistencia interna de la batería) controla cuántos electrones pueden pasar por las terminales. Los electrones pasan de la batería al cable, y deben viajar de la terminal negativa a la positiva para que la reacción química se lleve a cabo. Es por eso que una batería puede guardarse por un año y todavía conserva su energía plenamente -a menos que los electrones corran hacia la terminal positiva, la reacción química no se efectuará-. Una vez que se conecte el cable, la reacción empieza.

2.2.11. Características

Definen su comportamiento Son fundamentalmente dos:

La capacidad en Amperios hora y la profundidad de la descarga.

Capacidad en Amperios hora:

Los Amperios hora de una batería son simplemente el número de Amperios que proporciona multiplicado por el número de horas durante las que circula esa corriente. Sirve para determinar, en una instalación fotovoltaica, cuánto tiempo puede funcionar el sistema sin radiación luminosa que recargue las baterías. Teóricamente, por ejemplo, una batería de 200 Ah puede suministrar 200 A durante una hora, ó 50 A durante 4 horas, ó 4 A durante 50 horas, o 1 A durante 200 horas. No obstante, esto no es exactamente así, puesto que algunas baterías, como las de automoción, están diseñadas para producir descargas rápidas en cortos períodos de tiempo sin dañarse. Sin embargo, no están diseñadas para largos períodos de tiempo de baja descarga. Es por ello que las baterías de automoción no

son las más adecuadas para los sistemas fotovoltaicos. Existen factores que pueden hacer variar la capacidad de una batería:

- Ratios de **carga y descarga**. Si la batería es cargada o descargada a un ritmo diferente al especificado, la capacidad disponible puede aumentar o disminuir. Generalmente, si la batería se descarga a un ritmo más lento, su capacidad aumentará ligeramente. Si el ritmo es más rápido, la capacidad se reducirá.¹⁰

- Temperatura. Otro factor que influye en la capacidad es la temperatura de la batería y la de su ambiente. El comportamiento de una batería se cataloga a una temperatura de 27 grados. Temperaturas más bajas reducen su capacidad significativamente. Temperaturas más altas producen un ligero aumento de su capacidad, pero esto puede incrementar la pérdida de agua y disminuir el número de ciclos de vida de la batería. Profundidad de descarga: La profundidad de descarga es el porcentaje de la capacidad total de la batería que es utilizada durante un ciclo de carga/descarga. Las baterías de "ciclo poco profundo" se diseñan para descargas del 10 al 25% de su capacidad total en cada ciclo. La mayoría de las baterías de "ciclo profundo" fabricadas para aplicaciones fotovoltaicas se diseñan para descargas de hasta un 80% de su capacidad, sin dañarse. Los fabricantes de baterías de Níquel-Cadmio aseguran que pueden ser totalmente descargadas sin daño alguno. La profundidad de la descarga, no obstante, afecta incluso a las baterías de ciclo profundo. Cuanto mayor es la descarga, menor es el número de ciclos de carga que la batería puede tener.

2.2.12. Protección de las Baterías.

Por lo general, las baterías son la parte más delicada de un sistema solar y la primera en ser reemplazada. A continuación, se presenta algunas recomendaciones para ayudar a extender el tiempo de vida de la batería:

1. El uso de un controlador de carga es altamente recomendable. Éste desconecta las cargas cuando la batería se encuentra casi completamente descargada. Todos los sistemas solares domiciliarios estándar cuentan con un controlador de carga.
2. Asegúrese de que haya relación entre el número de paneles solares, el tamaño de las baterías y el número de cargas eléctricas (luces, artefactos eléctricos) y sus respectivos consumos.
3. Observe su controlador de carga para verificar el estado de carga de la batería (cuán cargada se encuentra). Por lo general, el controlador está provisto de un indicador luminoso rojo, que se enciende cuando la batería está descargada, y uno verde, que se enciende cuando está completamente cargada. Procure que el indicador verde permanezca encendido el mayor tiempo posible. Esto extenderá el tiempo de vida de la batería.

11 fragmentos de texto 'baterias-caracteristicas-proteccion':
https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/123456789/1383/IME_076.pdf?sequence=1

4. Dé mantenimiento a su batería (llénela con agua destilada) 3 veces al año como mínimo (si no se trata de una batería sin necesidad de mantenimiento).

5. Si tiene la oportunidad de cargar al máximo la batería utilizando un cargador /generador, hágalo (una vez al mes), pues esto ayuda a extender el tiempo de vida de la batería.

6. Nunca ignore las indicaciones del controlador de carga con el fin de extraer hasta la última gota de energía de la batería. Esto la arruinaría. En esta tesis se tiene como uno de los objetivos hacer duradera la vida útil de la batería ya que en un sistema fotovoltaico sus condiciones óptimas se deterioran más rápido. Por lo tanto, es pertinente estudiar la naturaleza interna que genera las facultades que una batería posee. Es algo generalizado el uso de las baterías de Plomo ácido en los sistemas fotovoltaicos.

Baterías de Plomo ácido.

Estas baterías se componen de varias placas de plomo en una solución de ácido sulfúrico. La placa consiste en una rejilla de aleación de Plomo con una pasta de óxido de Plomo incrustada sobre la rejilla. La solución de ácido sulfúrico y agua se denomina electrolito. El material de la rejilla es una aleación de Plomo porque el Plomo puro es un material físicamente débil, y podría quebrarse durante el transporte y servicio de la batería.

Normalmente la aleación es de Plomo con un 2-6% de Antimonio. Cuanto menor es el contenido en Antimonio, menos resistente será la batería durante el proceso de carga. La menor cantidad de Antimonio reduce la producción de Hidrógeno y Oxígeno durante la carga, y por tanto el consumo de agua. Por otra parte, una mayor proporción de Antimonio permite descargas más profundas sin dañarse las placas, lo que implica una mayor duración de vida de las baterías.

2.3. Sistema de riego

- El riego localizado o riego por goteo es la aplicación del agua al suelo, en una zona más o menos restringida del volumen radicular. Sus principales características son:

- Utilización de pequeños caudales a baja presión
- Localización del agua en la proximidad de las plantas a través de un numero variable de puntos de emisión
- Al reducir el volumen de suelo mojado, y por tanto su capacidad de almacenamiento, se debe operar con una alta frecuencia de aplicación, a dosis pequeñas.¹¹

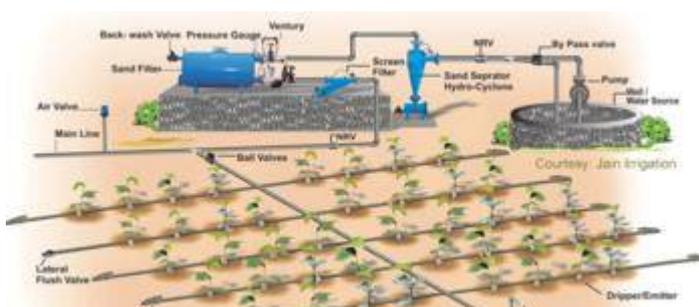


FIGURA 12 (Sistema de Riego)

2.3.1. Ventajas E Inconvenientes

2.3.1.1. Ventajas:

- La posibilidad de automatizar completamente el sistema de riego, con los consiguientes ahorros en mano de obra.
- La posibilidad de utilizar aguas más salinas que en riego convencional, debido al mantenimiento de una humedad relativamente alta en la zona radical (bulbo húmedo).
- Una adaptación más fácil en terrenos rocosos o con fuerte pendientes
- No se moja el dosel vegetal, lo que disminuye los riesgos de problemas fitosanitarios
- Reduce la proliferación de malas hierbas en las zonas no regadas
- Permite la "fertirrigación", es decir el aporte controlado de nutrientes con el agua de riego

2.3.1.2. Inconvenientes:

- El coste elevado de la instalación.
- Se necesita una inversión elevada debida a la cantidad importante de emisores, tuberías, equipamientos especiales en el cabezal de riego y la casi necesidad de un sistema de control automatizado (electroválvulas). Sin embargo, el aumento relativo de coste con respecto a un sistema convencional no es prohibitivo.
- El alto riesgo de obturación de los emisores, y el consiguiente efecto sobre la uniformidad del riego. Esto puede ser considerado como el problema nº 1 en riego localizado.
- La presencia de altas concentraciones de sales alrededor de las zonas regadas, debida a la acumulación preferencial en estas zonas de las sales. Esto puede constituir un inconveniente importante para la plantación siguiente, si las lluvias no son suficientes para lavar el suelo.

2.3.2. Características del riego por goteo.

El riego por goteo supone una mejora tecnológica importante, que contribuirá a una mayor productividad mejor uso del agua de riego, ya que es uno de los objetivos principales de esta tesis de como el agricultor puede tener mejor producción con poca inversión.

2.3.3. Bulbo húmedo en riego por goteo.

El agua se aplica al suelo, luego se infiltra en el terreno y se mueve en diferentes direcciones principalmente en dirección horizontal y vertical.

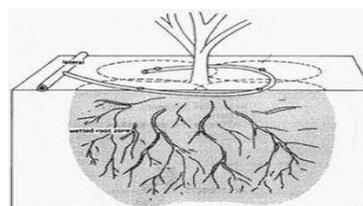


FIGURA 13 (Húmeda de que requiere una planta)

12 fragmento de texto 'sr': <http://www.monografias.com/trabajos58/riego-goteo-fertirrigacion/riego-goteo-fertirrigacion.shtml>

2.3.4. Gotero de riego

- No se moja todo el suelo, sino solo a la parte que se aplica el gotero, por consiguiente humedece tan solamente el sistema radicular de la planta.
- Menor lavado de nutrientes por lixiviación o percolación de NO-3, H₂PO-4, y otros iones que son importantes en la nutrición de las plantas.
- Se puede aplicar programas de fertirrigación.



FIGURA 14 (Gotero de Riego)

2.3.5. Tipos De Riego Por Goteo:

- **Subterráneo:** muy poco utilizado por características de las raíces que tiene los cultivos.
- **Superficial:** Muy extendido
- **Aéreo:** usado en invernaderos, el agua cae por gravedad al pie de la planta, usualmente usado con programas de fertirrigación.

Aspectos Agronómicos A Considerar Para La Instalación Del Riego Por Goteo

2.3.6. El Agua En El Suelo

Cuando se aplica programas de riego va también depender del agua del suelo. El agua de riego va a penetrar en el suelo con diferentes velocidades, si se riega en suelo seco el agua se ira repartiendo hacia abajo y hacia los costados con dificultad, si riega un suelo arenoso se infiltrara rápidamente, entonces el suelo depende de su textura y estructura que lo compone, por ejemplo: si las partículas del suelo son muy finas (suelo arcilloso) habrá mayor retención de agua mínima infiltración que en un suelo arcilloso o franco, desde el punto de vista agronómico un suelo ideal es un suelo con textura *franco*, porque tienen una mejor relación **agua-suelo-planta**.

2.3.7. Relación agua- suelo-planta:

Contenido de agua en el suelo. Medición del contenido de agua del suelo. Medición de la densidad aparente. Aspersor de neutrones.

Está orientado al análisis de los principios fisiológicos involucrados en la absorción, transporte y re-distribución de agua y nutrientes de los vegetales.

2.3.8. Estructura Y Textura Del Suelo:

Estructura Del Suelo

Define el estado de agregación de las partículas componentes minerales u orgánicas.

Depende de la disposición de sus partículas y de la adhesión de las partículas menores para formar otras mayores o agregados.

La permeabilidad del suelo al agua, aire y a la penetración de las raíces también depende de la estructura.

A diferencia de la textura la estructura puede ser cambiada ejemplo: la rotación del cultivo.

Estabilidad estructural: Es la resistencia de los granos a disgregarse en condiciones de humedad.

2.3.9. Textura de suelos:

La textura será dada por las porciones finas que contiene el suelo al deshacer un terrón.

Existen clases de partículas: arena, limo y arcilla.

Dimensiones:

* Arena: 2mm – 0.05mm

* limo 0.05mm – 0.02mm

* arcilla de 0.02mm a menos.

La textura estará determinada por el porcentaje en que se encuentran las partículas en una porción de suelo.

Suelo franco: los componentes finos se encuentran en iguales proporciones aproximadamente (teórico).

Franco arenoso: proporción mayor de arena.

Franco arcilloso: proporción mayor de arcilla.

2.3.10. Sanidad y drenaje:

Un suelo para ser cultivado debe de estar saneado, para evitar la concentración de sales a que van a dificultar el desarrollo del cultivo, e inmediatamente deben ser lavados e inundados con agua para que las sales sean arrastrados y lixiviados.

Para eso se requiere que el suelo debe tener un adecuado drenaje o en todo caso se debe de construir los canales de drenaje, para que los suelos no estén encharcados acumulando iones de Na que salinizan el suelo por estar saturados de agua pueden morir las plantas además habrá deficiencia de Fe (clorosis).¹²

1 imágenes: <http://www.taringa.net/posts/info/2149828/Riego-Por-Goteo-Ahorro-De-Agua.html>

2 fragmentos de texto: <http://www.monografias.com/trabajos58/riego-goteo-fertirrigacion/riego-goteo-fertirrigacion2.shtml>

2.4. Componentes Principales De Un Riego Por Goteo Automatizado

2.4.1. (PLC) Programador

Los PLC son utilizados en muchas industrias y máquinas. A diferencia de las computadoras de propósito general, el PLC está diseñado para múltiples señales de entrada y de salida, rangos de temperatura ampliados, inmunidad al ruido eléctrico y resistencia a la vibración y al impacto. Los programas para el control de funcionamiento de la máquina se suelen almacenar en baterías copia de seguridad o en memorias no volátiles. Un PLC es un ejemplo de un sistema de tiempo real «duro», donde los resultados de salida deben ser producidos en respuesta a las condiciones de entrada dentro de un tiempo limitado, de lo contrario no producirá el resultado deseado



FIGURA 15 (Programador-PLC)

2.4.2. Campos de aplicación

El PLC por sus especiales características de diseño tiene un campo de aplicación muy extenso. La constante evolución del hardware y software amplía constantemente este campo, para poder satisfacer las necesidades que se detectan en el espectro de sus posibilidades reales. Su utilización se da fundamentalmente en aquellas instalaciones en donde es necesario un proceso de maniobra, control y señalización. Por tanto, su aplicación abarca desde procesos de fabricación industriales de cualquier tipo a transformaciones industriales, o control de instalaciones, entre otras. Sus reducidas dimensiones, la extrema facilidad de su montaje, la posibilidad de almacenar los programas para su posterior y rápida utilización, la modificación o alteración de los mismos, hace que su

eficacia se aprecie principalmente en procesos en que se producen necesidades tales como:¹³

- Espacio reducido
- Procesos de producción periódicamente cambiantes
- Procesos secuenciales
- Maquinaria de procesos variables
- Instalaciones de procesos complejos y amplios
- Chequeo de programación centralizada de las partes del proceso Ejemplos de aplicaciones generales:
 - Maniobra de máquinas
 - Maquinaria industrial de plástico
 - Máquinas transfer
 - Maquinaria de embalajes
 - Maniobra de instalaciones: instalación de aire acondicionado, calefacción
 - Instalaciones de seguridad
- Señalización y control Ventajas e inconvenientes Sabemos que no todos los autómatas ofrecen las mismas ventajas sobre la lógica cableada, ello es debido, principalmente, a la variedad de modelos existentes en el mercado y las innovaciones técnicas que surgen constantemente. Tales consideraciones obligan a referirse a las ventajas que proporciona un autómata de tipo medio. Ventajas
 - Menor tiempo empleado en la elaboración de proyectos, debido a que no es necesario dibujar previamente el esquema de contactos, es preciso simplificar las ecuaciones lógicas, ya que por lo general la capacidad de almacenamiento del módulo de memoria es lo suficientemente grande.
 - La lista de materiales queda sensiblemente reducida, y al elaborar el presupuesto correspondiente eliminaremos parte del problema que supone el contar con diferentes proveedores, distintos plazos de entrega.
 - Posibilidad de introducir modificaciones sin cambiar el cableado ni añadir aparatos.
 - Mínimo espacio del tablero donde se instala el autómata programable.
 - Menor costo de mano de obra de la instalación.
 - Economía de mantenimiento. Además de aumentar la fiabilidad del sistema, al eliminar contactos móviles, los mismos autómatas pueden indicar y detectar averías.
 - Posibilidad de gobernar varias máquinas con un mismo autómata.
 - Menor tiempo para la puesta en funcionamiento del proceso al quedar reducido el tiempo de cableado.
 - Si por alguna razón la máquina queda fuera de servicio, el autómata sigue siendo útil para otra máquina o sistema de producción. Inconvenientes

14 imagen: <http://www.schneider-electric.es/es/product-category/3900-pac--plc-y-otros-controladores/>

- Como inconvenientes podríamos hablar, en primer lugar, de que hace falta un programador, lo que obliga a adiestrar a uno de los técnicos en tal sentido. Esta capacitación puede ser tomada en distintos cursos, inclusive en universidades.¹⁴

2.4.3. Electroválvulas.

Cada sector de riego lleva una electroválvula que se abre y se cierra según le ordena el programador. En un sector de goteo, pues llevará su electroválvula correspondiente. Es común, por simplificar, que mucha gente ponga una sola fase para el goteo y se riegue por igual todo lo que lleve goteo: setos, árboles, arbustos, frutales, e incluso el huerto. Todo lo mismo. Se puede hacer, pero no es lo correcto ni mucho menos porque cada grupo de plantas tienen necesidades de agua diferentes, no consume lo mismo un árbol frutal que un grupo de flores. Otro apañío para aprovechar sectores es conectar el goteo a un sector de aspersores del césped. No vale, el goteo necesita más tiempo de riego que lo que funcionan los aspersores.



FIGURA 16 (Electrovalvula)

2.4.4. Arquetas

Las electroválvulas van dentro de arquetas. Hay arquetas individuales y otras más grandes que pueden alojar 3, 4, 5 electroválvulas en paralelo. Por poner un ejemplo, un jardín podría tener en la misma arqueta 4 electroválvulas con este reparto:

- 1 para un sector de aspersores
- 2 para sendos sectores de difusores
- 1 para riego por goteo



15 fragmentos de texto:

<http://www.sc.ehu.es/sbweb/webcentro/automatica/WebCQMH1/PAGINA%20PRINCIPAL/PLC/plc.htm>

2.4.5. Reductor o regulador de presión

Los emisores de riego por goteo necesitan muy poca presión de agua para funcionar.

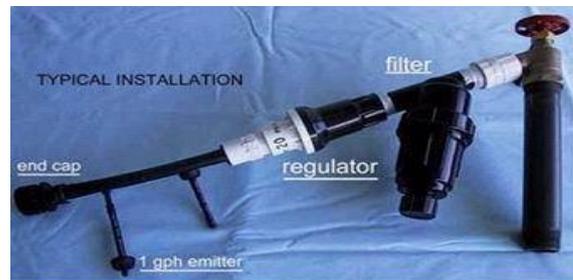
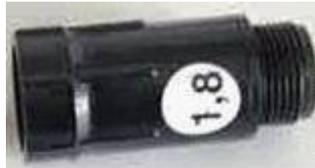


FIGURA 17 (Reductor de Presión)

Recomendaciones:

Mira o pregunta las características técnicas del modelo que compres. Incluso el agua de la red general de abastecimiento a la casa tiene mucha presión para este tipo de riego o si riegas con una bomba que toma el agua de pozo o depósito.

Por esta razón hay unos dispositivos llamados reductores o reguladores de presión. Si no se ponen y la presión es alta, saldrán disparados los goteros.

2.4.6. Filtro

Al principio del sector de riego por goteo es conveniente instalar junto al reductor de presión, un filtro de agua para evitar obstrucciones de los goteros.



FIGURA 18 (Filtros)

2.4.7. Tuberías

En los riegos de jardines pequeños y medianos suele bastar con tuberías de 32 y 25 mm de diámetro de polietileno (PE). A éstas se le conectan los ramales de goteo propiamente dicho, siendo **la tubería de 16 mm para goteo**, la más habitual.



FIGURA 19 (Tuberías)

• Piezas especiales

Tes, codos, enlaces, llaves, empalmes, tapones, etc.



• Emisores o goteros

Los goteros los podemos dividir en los dos tipos siguientes:

- *Goteros integrados* en la propia tubería.
- *Goteros de botón*, para pinchar en tubo.

Los más baratos son los goteros integrados NO AUTOCOMPENSANTES.

Lo goteros que se pinchan (de botón) resultan más práctico para jardineras o zonas donde las plantas están más desperdigadas y se ponen ahí donde se necesitan.



Gotero tipo botón

2.5. Partes que consta un riego por goteo:

* Sistema de filtrado.

Prefiltrado. Hidrociclones

Filtros de arena. Característica de la arena

Filtros de malla o de anillas¹⁵

16 imagen y fragmento de texto: http://diariolamanana.com.ar/noticias/opinion/riego-por-goteo-o-riego-localizado_a29408

- * Los emisores. Parámetros que definen su calidad y funcionamiento.
Las obstrucciones. Causas y tratamientos.
- * El cabezal de riego
- * Tuberías que conducen agua desde el cabezal hasta las proximidades de la planta
- * Goteros
- * Accesorios
- * Dispositivos de regulación
- * La inyección de fertilizantes
- * Sistemas especiales con ramales enterrados
- * Dispositivos de control en un riego automatizado.

2.6. Fertirrigación

2.6.1. DEFINICIÓN:

La Fertirrigación es una técnica agrícola que se caracteriza por la entrega dosificada de nutrientes y otros insumos a la planta a través del riego tecnificado. Si se aplica como paquete tecnológico en forma óptima, puede incrementar la productividad y calidad del cultivo. Por lo tanto, su aplicación y explotación de manera planificada contribuiría, en parte, en la solución del problema de atraso tecnológico y falta de competitividad del sector agrícola peruano.



FIGURA 20 (Fertirrigación)

Importancia:

Fertirrigación es un término generalmente aceptado como técnica de cultivo que utiliza conjuntamente agua y fertilizantes. La Fertirrigación se aplica a cultivos leñosos, hortícolas y ornamentales.

La Fertirrigación ofrece ventajas con respecto a los métodos tradicionales:

- Disminuye la compactación del suelo.
- Utiliza menos energía en las aplicaciones
- La aplicación de nutrientes y agua es más precisa, localizada y controlada.
- La distribución de nutrientes se realiza conforme a las necesidades de la planta y en la forma química adecuada.
- Proporciona la solución nutritiva adecuada según el estadio de fenológico del cultivo.
- Supone un ahorro de agua, nutrientes y mano de obra.
- Permite un impacto ambiental mínimo.

La Fertirrigación necesita de elementos auxiliares tales como el análisis de agua, análisis del suelo y análisis foliar para establecer un sistema integrado de nutrición vegetal. También forma parte del debate de esta lista la tecnología relativa a los materiales de riego y autómatas de control así como software de gestión, recomendación y control automático de la Fertirrigación.

2.7. Electrobomba de agua solares

Sumergibles y de Superficie. ¿En qué se diferencian?

Antes de buscar una bomba solar tendrás que saber si necesitas una sumergible o de superficie.

2.7.1. Las electrobombas solares sumergibles

Se colocan bajo el suelo.

La principal aplicación es para sacar agua de un pozo profundo. Las hay de varias capacidades, dependiendo de la cantidad de agua que quieras sacar.

Las de superficie se utilizan básicamente para aumentar la presión del agua y aplicaciones de riego:

Riego por goteo

Riego programado

Elevación del caudal de riego. Esto último ocurre cuando el campo o huerto a regar está más alto que el canal de riego. Supone una incomodidad estar llenando el depósito

2.7.2. Bomba de Agua Solar. Usos más habituales para el riego

Las bombas de agua solares de riego son quizás, a parte del agua caliente sanitaria, la aplicación de energía solar más extendida. Se pueden utilizar tanto para riego por goteo como riego por aspersión.



FIGURA 21 (Bomba de Agua Solar)

2.7.3. Bombas de Agua sumergibles con paneles solares

En el riego por goteo no tiene límite. Algún caso práctico: Sé de una instalación de riego por goteo de 10 hectáreas impulsada por bombas que funcionan por energía solar.

Regadío con las Bombas Solares de Agua Sumergibles

Si la necesidad de regadío es mayor de 4500 litros por día, necesitarás una bomba de agua sumergible. Este tipo de bombas puede tener una capacidad de hasta 13500 litros por día o incluso mayor.

Hasta ahora, los grupos de presión y bombeo de agua utilizados en la agricultura funcionan con Diessel o gasolina. Evidentemente no se puede conectar a la red eléctrica por su incompatibilidad (electricidad y agua). Tienes el gasto del combustible, más el transporte, más la incomodidad que supone. Con el sistema de bombas de agua solares de riego la energía que generas es pequeña, por lo que no tienes el inconveniente agua-electricidad. Sin embargo, es suficiente para hacer llegar el agua justo en el momento adecuado.

2.7.4. Bombas de Agua de 12v

Las aplicaciones de la energía solar normalmente se resuelven con aparatos eléctricos que consumen poco, como las bombas de agua 12v. ¿Por qué? Porque, Pocas personas tienen la posibilidad económica de conseguir todo el suministro eléctrico de las energías renovables.

Con una instalación solar de unos 10'000 soles puedes generar la energía necesaria para este tipo de aparatos, y es una ayuda en la factura eléctrica.

2.7.5. Aplicaciones de las bombas de agua 12v

Hay algunas bombas de agua con conexión especial para los paneles solares, y otras que se conectan indirectamente. La ventaja de estas últimas es que puedes utilizarla, aunque no estés consumiendo la energía generada con las placas solares.

¿Según la potencia que genere tu instalación de energía solar o algunos kits para autoconsumo, puedes darle varios usos a tu bomba de agua 12v. Una aplicación interesante es el bombeo de agua en lugares donde es difícil encontrar una toma eléctrica, como un camping o auto caravana, sobre todo si te gusta viajar mucho sin renunciar a la comodidad.

Excursiones aparte, lo más habitual es ver este tipo de bombas en casas con jardín. Se utilizan para el riego por aspersión con muy buenos resultados. No se necesita una bomba de gran capacidad, pero al utilizarla todos los días al final se nota en la factura. Una bomba con alimentación por energía solar significa un ahorro considerable.¹⁶

1 imagen y fragmentos de texto: <http://kitdeenergiasolar.com/bombas-de-agua-solares-de-riego/>

Los conductores necesarios tendrán la sección adecuada para reducir las caídas de tensión y los calentamientos.

Concretamente, para cualquier condición de trabajo, los conductores deberán tener unos valores de sección tales que la caída de tensión en ellos sea inferior a las indicadas a continuación:

- Caídas de tensión máxima entre generador FV y regulador: 3 %
- Caídas de tensión máxima entre regulador y batería: 1 %
- Caídas de tensión máxima entre inversor y batería: 1 %
- Caídas de tensión máxima entre inversor /regulador y cargas: 3 %

Además, esta sección deberá ser suficiente para que soporten la intensidad máxima admisible en cada uno de los tramos

Las intensidades máximas admisibles, se regirán en su totalidad por lo indicado en la Norma UNE 20.460 -5-523 y su anexo Nacional.

2.7.6. Elementos de protección de la instalación fotovoltaica:

2.7.6.1.Especificaciones Para Instalaciones Fotovoltaicas Aisladas:

- a) Todas las instalaciones con tensiones nominales superiores a 48 voltios contarán con una toma de tierra a la que estará conectada, como mínimo, la estructura soporte del generador y los marcos metálicos de los módulos.
- b) El sistema de protecciones asegurará la protección de las personas frente a contactos directos e indirectos. En caso de existir una instalación previa no se alterarán las condiciones de seguridad de la misma.
- c) La instalación estará protegida frente a cortocircuitos, sobrecargas y sobretensiones. Se prestará especial atención a la protección de la batería frente a cortocircuitos mediante un fusible, disyuntor magneto térmico u otro elemento que cumpla con esta función.

2.7.6.2.Toma De Tierra.

Del generador FV: estructura soporte y marco metálico.

De la instalación correspondiente a los consumos de alterna.

2.7.6.3.Protección Contra Contactos Directos E Indirectos.

El contacto de una persona con un elemento en tensión puede ser DIRECTO o INDIRECTO.

Se dice que es DIRECTO cuando dicho elemento se encuentra normalmente bajo tensión. Por el contrario, Se define como INDIRECTO si el elemento ha sido puesto bajo tensión accidentalmente (por ejemplo, por una falla en el aislamiento).¹⁷

18 fragmentos de texto: <http://energiasolarfotovoltaica.blogspot.pe/2006/02/elementos-de-proteccion-de-la.html>

2.7.6.4. Protección Contra Contactos Directos.

Esta protección consiste en tomar las medidas destinadas a proteger las personas contra los peligros que pueden derivarse de un contacto con las partes activas de los materiales eléctricos.

Salvo indicación contraria, los medios a utilizar vienen expuestos y definidos en la Norma UNE 20.460 -4-41, que son habitualmente:

- Protección por aislamiento de las partes activas.
- Protección por medio de barreras o envolventes.
- Protección por medio de obstáculos.
- Protección por puesta fuera de alcance por alejamiento.

2.7.6.5. Protección complementaria.

Por dispositivos de CORRIENTE DIFERENCIAL RESIDUAL DIFERENCIALES
Esta medida de protección está destinada solamente a complementar otras medidas de protección contra los contactos directos. El empleo de dispositivos de corriente diferencial-residual, cuyo valor de corriente diferencial asignada de funcionamiento sea inferior o igual a 30 mA, se reconoce como medida de protección complementaria en caso de fallo de otra medida de protección contra los contactos directos o en caso de imprudencia de los usuarios.

Cuando se prevea que las corrientes diferenciales puedan ser no senoidales (como por ejemplo en salas de radiología intervencionista), los dispositivos de corriente diferencial-residual utilizados serán de clase A que aseguran la desconexión para corrientes alternas senoidales así como para corrientes continuas pulsantes.

La utilización de tales dispositivos no constituye por sí mismo una medida de protección completa y requiere el empleo de una de las medidas de protección.

2.7.7. Diferenciales.

Ofrecen una protección eficaz contra los contactos tanto directos como indirectos.

Están compuestos por :

- Transformador toroidal
- Relé electromecánico
- Mecanismo de conexión y desconexión
- Circuito auxiliar de prueba.

Cuando la suma vectorial de las intensidades que pasan por el transformador es distinta de cero, en el secundario del mismo se induce una tensión que provoca la excitación del relé dando lugar a la desconexión del interruptor.

Para que se produzca la apertura, la corriente de fuga I debe de ser superior a la corriente de sensibilidad del diferencial.

2.7.8. Protección Contra Contactos Indirectos.

PROTECCIÓN POR CORTE AUTOMÁTICO DE LA ALIMENTACIÓN

El corte automático de la alimentación después de la aparición de un fallo está destinado a impedir que una tensión de contacto de valor suficiente, se mantenga durante un tiempo tal que puede dar como resultado un riesgo.

Debe existir una adecuada coordinación entre el esquema de conexiones a tierra de la instalación utilizado de entre los descritos en la ITC-BT-08 y las características de los dispositivos de protección.

El corte automático de la alimentación está prescrito cuando puede producirse un efecto peligroso en las personas o animales domésticos en caso de defecto, debido al valor y duración de la tensión de contacto. Se utilizará como referencia lo indicado en la norma UNE 20.572 -1.

La tensión límite convencional es igual a 50 V, valor eficaz en corriente alterna, en condiciones normales. En ciertas condiciones pueden especificarse valores menos elevados, como por ejemplo, 24 V para las instalaciones de alumbrado público contempladas en la ITC-BT-09, apartado 10.

Se describen a continuación aquellos aspectos más significativos que deben reunir los sistemas de protección en función de los distintos esquemas de conexión de la instalación, según la ITC-BT-08 y que la norma UNE 20.460 -4-41 define cada caso.

Se emplean dispositivos del tipo:

- Dispositivos de protección de máxima corriente, tales como fusibles, interruptores automáticos

Protección Contra Sobrecargas, Cortocircuitos Y Sobre tensiones.

- Sobrecargas, cortocircuitos: fusibles y MAGNETOTÉRMICOS (Pías).
- Sobre tensiones red (por tormentas, etc): varistores (en los paneles)

Los varistores proporcionan una protección fiable y económica contra transitorios de alto voltaje que pueden ser producidos, por ejemplo, por relámpagos, conmutaciones o ruido eléctrico en líneas de potencia de CC o CORRIENTE ALTERNA.

2.8. Lenguaje FBD.

Se trata de un lenguaje formado por un conjunto de bloques lógicos que se interconectan en cascada de forma similar a como se hace en electrónica digital.

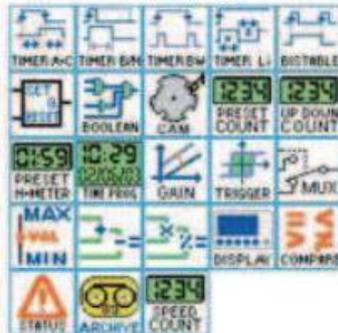
LENGUAJE	PUNTOS FUERTES	PUNTOS DÉBILES
LD	<ul style="list-style-type: none"> - Popular en el mundo de la automatización. - Funciones binarias y booleanas. - Procesado rápido. - Fácil integración de bloques funcionales estándar. - Programación visual y fácil de interpretar. - Fácil de modificar. 	<ul style="list-style-type: none"> - Cálculos matemáticos. - Procesamiento de datos (cadena de caracteres, E/S analógicas, rutinas de comunicación). - Bucles e instrucciones de repetición. - Lógica secuencial con gran número de secuencias. - Creación de bloques funcionales de usuario con gran número de variables.
FBD	<ul style="list-style-type: none"> - Funciones booleanas. - Cálculos matemáticos simples. - Procesamiento de datos analógicos. - Fácil integración de bloques funcionales - estándar. - Programación visual y fácil de interpretar. 	<ul style="list-style-type: none"> - Lógica secuencial con gran número de secuencias. - Bucles e instrucciones de repetición. - Creación de bloques funcionales de usuario con gran número de variables. - Modificación del programa. - Seguimiento e interpretación en programas complejos.

2.8.1. Símbolos básicos:

✓ Lenguaje FBD:

Flexibilidad de programación y gran capacidad de procesamiento de hasta 200 bloques de función, que incluyen:

- 23 funciones preprogramadas.



- Funciones Grafcet SFC (Sequential Function Chart): para los sistemas de automatización secuenciales.



- 6 funciones lógicas.



CUADRO 5 (Cuadro de lenguaje FBD)

2.9. Sistemas de control:

La forma en la cual el controlador automático produce la señal de control se llama acción de control. Los controladores automáticos comparan el valor real de la salida de la planta con la entrada de referencia, lo cual determina la desviación con la que el controlador debe producir una señal de control que reduzca la desviación.

El siguiente diagrama a bloques muestra un sistema de control automático general formado por un controlador, un actuador, una planta y un sensor.¹⁸

En el diagrama siguiente el controlador detecta la señal de error, el controlador amplifica la señal y la envía al actuador que produce la entrada a la planta; la salida de la planta es medida por un sensor que transforma la señal y la envía al controlador para que pueda ser comparada con la señal de referencia.

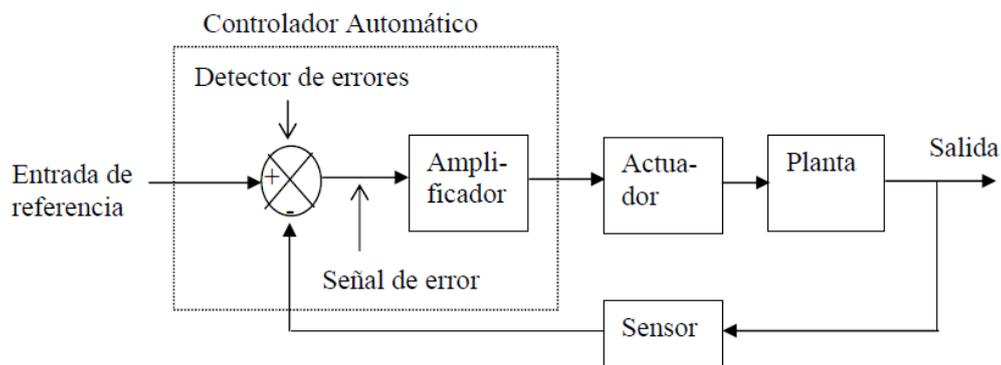


FIGURA 22 (Diagrama a Bloques General de un Control Automático).

2.9.1. Control Encendido – Apagado.

La acción de control Encendido-Apagado es también muy conocida por su nombre en inglés On-Off. Para esta acción de control el elemento de actuación sólo tiene dos posiciones fijas que en la mayoría de los casos son apagado y encendido. Este control es relativamente simple y barato, por lo cual su uso es muy extendido en sistemas de control tanto industriales como domésticos.

Si tenemos una señal de salida del controlador $u(t)$ y una señal de error $e(t)$, en el control de dos posiciones, la señal $u(t)$ permanece en un valor ya sea máximo o mínimo, dependiendo de si la señal de error es positiva o negativa. De este modo,

$$\begin{aligned} u(t) &= U1, & \text{para } e(t) > 0 \\ u(t) &= U2, & \text{para } e(t) < 0 \end{aligned}$$

En donde $U1$ y $U2$ son constantes. Por lo general, el valor mínimo de $U2$ es cero o menos $U1$.

La siguiente figura muestra el diagrama a bloques de un controlador Encendido - Apagado.

19 cuadro de símbolos: <http://movimientomecatronica.blogspot.pe/2013/11/lenguajes-de-programacion-de-plcs.html>

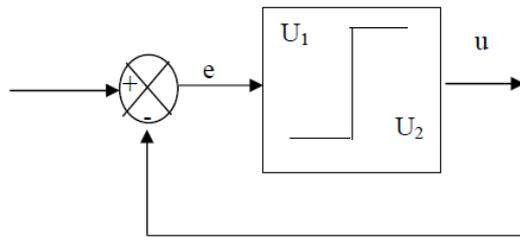


FIGURA 23 (Diagrama a Bloques que Representa el Control Encendido – Apagado).¹⁹

2.9.2. Control Proporcional.

El controlador Proporcional es en realidad un amplificador con ganancia ajustable. Este control reduce el tiempo de subida, incrementa el sobretiro y reduce el error de estado estable.

Para una acción de control Proporcional la relación entre la salida del controlador $u(t)$ y la señal de error $e(t)$ es:

$$u(t) = K_p e(t)$$

Donde K_p es la ganancia proporcional.

Si se aplica la transformada de Laplace se obtiene:

$$U(s) = K_p E(s)$$

$$\frac{U(s)}{E(s)} = K_p$$

2.9.3. Control Integral.

La acción de control Integral se denomina control de reajuste (reset). En un controlador integral la relación entre la salida del controlador $u(t)$ y la señal de error $e(t)$ es:

$$\frac{du(t)}{dt} = K_i e(t)$$

$$u(t) = K_i \int_0^t e(t) dt$$

Donde K_i es una constante ajustable.

Si se duplica el valor de $e(t)$, el valor de $u(t)$ varía dos veces más rápido. Para un error de cero, el valor de $u(t)$ permanece estacionario.

Si se aplica la transformada de Laplace se obtiene:

$$U(s) = \frac{K_i}{s} E(s)$$

$$\frac{U(s)}{E(s)} = \frac{K_i}{s}$$

Como se puede ver en la fórmula anterior el control Integral añade un polo en el origen, con lo cual el sistema se vuelve menos estable.

¹⁹ 20 fragmentos de texto: http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lep/nunez_e_f/capitulo1.pdf

2.9.4. Control Proporcional Integral.

El control Proporcional Integral decreta el tiempo de subida, incrementa el sobre impulso y el tiempo de estabilización, y tiene el efecto de eliminar el error de estado estable pero empeorará la respuesta transiente.

La acción de control Proporcional Integral se define mediante:

$$u(t) = K_p e(t) + \frac{K_p}{T_i} \int_0^t e(t) dt$$

En donde K_p es la ganancia proporcional y T_i se denomina tiempo integral.

El tiempo integral ajusta la acción del control, mientras que un cambio en el valor de K_p afecta las partes integral y proporcional de la acción de control. El inverso del tiempo integral T_i se denomina velocidad de reajuste. La velocidad de reajuste es la cantidad de veces por minuto que se duplica la parte proporcional de la acción de control. La velocidad de reajuste se mide en términos de las repeticiones por minuto.

Si se aplica la transformada de Laplace se obtiene:

$$U(s) = K_p E(s) + \frac{1}{T_i s} E(s)$$
$$\frac{U(s)}{E(s)} = K_p \left(1 + \frac{1}{s T_i}\right)$$

2.9.5. Control Proporcional Derivativo.

El control Proporcional Derivativo reduce el sobre impulso y el tiempo de estabilización, por lo cual tendrá el efecto de incrementar la estabilidad del sistema mejorando la respuesta del sistema. La relación de un controlador Proporcional Derivativo entre la salida $u(t)$ y la señal de error $e(t)$ está dada por:

$$u(t) = K_p e(t) + K_p T_d \frac{de(t)}{dt}$$

En donde K_p es la ganancia proporcional y T_d es una constante denominada tiempo Derivativo.

La acción de control Derivativo, en ocasiones llamada control de velocidad, ocurre donde la magnitud de la salida del controlador es proporcional a la velocidad de cambio de la señal de error. El tiempo Derivativo T_d es el intervalo de tiempo durante el cual la acción de la velocidad hace avanzar el efecto de la acción proporcional. La acción de control Derivativo tiene un carácter de previsión. Sin embargo, es obvio que una acción de control Derivativo nunca prevé una acción que nunca ha ocurrido.

Aunque la acción de control Derivativo tiene la ventaja de ser de previsión, tiene las desventajas de que amplifica las señales de ruido y puede provocar un efecto de saturación en el actuador.

Si se aplica la transformada de Laplace se obtiene:

$$U(s) = K_p E(s) + K_p T_d s E(s)$$

$$\frac{U(s)}{E(s)} = K_p(1 + sT_d)$$

2.9.6. Control Proporcional Integral Derivativo

La combinación de una acción de control Proporcional, una acción de control Integral y una acción de control Derivativo se denomina acción de control Proporcional Integral Derivativo. Esta acción combinada tiene las ventajas de cada una de las tres acciones de control individuales.

La relación entre la salida del controlador $u(t)$ y la señal de error $e(t)$ de la acción de control Proporcional Integral Derivativo está dada por:

$$u(t) = K_p e(t) + K_p T_d \frac{de(t)}{dt} + \frac{K_p}{T_i} \int_0^t e(t) dt$$

En donde K_p es la ganancia proporcional, T_i es el tiempo integral y T_d es el tiempo Derivativo.

Si se aplica la transformada de Laplace se obtiene:

$$U(s) = K_p E(s) + K_p T_d s E(s) + \frac{1}{T_i s} E(s)$$

$$\frac{U(s)}{E(s)} = K_p \left(1 + sT_d + \frac{1}{sT_i} \right)$$

2.9.7. La alimentación del control por adelantado (feed-forward).

Las arquitecturas más populares para un rendimiento mejorado y rechazo de perturbaciones son de control en cascada y el "feed-forward" con retroalimentación, a continuación se introducirá la arquitectura de dicho tipo de control.

Al igual que en cascada, de avance requiere que se compró instrumentación adicional, instalado y mantenido. ambas arquitecturas también requieren tiempo de ingeniería adicional para el diseño de la estrategia, implementación y puesta a punto.

El control en cascada tendrá un pequeño impacto en el rendimiento de seguimiento del punto de ajuste en comparación con un diseño tradicional de retroalimentación de bucle único y esto puede o no ser considerada beneficiosa en función de la aplicación de proceso. El elemento de alimentación hacia adelante de un "feed adelante con retroalimentación recortar" la arquitectura no afecta el rendimiento conjunto de seguimiento del punto de ninguna manera.

2.9.8. Feed forward implica una medición, predicción y acción.

Considere que un cambio de proceso puede ocurrir en otra parte de nuestra planta y una serie identificable de acontecimientos conduce entonces que el cambio “distante ‘molestar o perturbar nuestra variable de proceso medido,PV.

El controlador PID tradicional actúa solo cuando el PV se ha movido de punto de ajuste ,SP, para producir un error de controlador , $e(t)=SP-PV$.por lo tanto la interrupción de funcionamiento estable ya está en progreso antes de que un controlador de realimentación primero comienza a responder desde este punto de vista , una estrategia de realimentación simplemente empieza demasiado tarde y en el mejor solo puede trabajar para minimizar el malestar que se desarrollan los acontecimientos.

En contraste, un controlador de alimentación hacia adelante mide la perturbación, mientras que todavía esta distante. como se muestra a continuación un elemento de avance recibe el D medido, lo utiliza para predecir un impacto en PV, y luego calcula las acciones de control preventivos, CO feedforward , que contrarrestan el impactos previsto que llegue la perturbación .El objetivo es mantener la variable del proceso al punto establecido ($PV=SP$) durante todo el evento de perturbación.

Donde

CO=controlador de señal de salida

D=perturbación medido variables

$e(t)$ =error de controlador , $SP-PV$

FCE=elemento de control final) por ejemplo, válvulas, bomba de velocidad variable o compresor)

PV=medida variable del proceso

SP= punto de ajuste

Para apreciar los componentes adicionales asociados con un controlador de alimentación hacia adelante, podemos comparar lo anterior con la tradicional discutido previamente diagrama de bloques lazo de control de retroalimentación

2.9.9. Cuando considerar el control en cascada.

La arquitectura en cascada requiere de una “alerta temprana” la variable de proceso medido secundario PV2, se identificó que está dentro (responde antes) la variable de proceso medida primaria ,PV1 los elementos esenciales para el éxito incluyen lo siguiente PV2 se puede medir con un sensor .el mismo elemento de control final (FCE) usado para manipular PV1 también manipula PV2 las mismas alteraciones que son de interés para PV1 también interrumpen PV2.PV2responde antes PV1 a las perturbaciones de preocupaciones y manipulaciones FCE

Uno de los beneficios de una arquitectura en cascada es que utiliza dos controladores tradicionales de la familia PID por lo que la implementación es una tarea familiar que se basa en nuestro conocimiento actual. Además, el control en cascada ayudara a mejorar el

rechazo de cualquier perturbación que altera primero la variable de alerta temprana, PV2, antes de impactar la variable de proceso primario, PV1.

2.9.10. Cuando considerar un sistema Feed Forward con retroalimentación de ajuste

De alimentación hacia adelante anticipa el impacto de una perturbación medida en el PV y despliega acciones de control para contrarrestar la interrupción inminente en el momento oportuno. esto puede mejorar significativamente el rendimiento de rechazo de perturbaciones, pero solo para la variable de perturbación particular que está siendo medido.

Alimente por adelantado con ajuste de retroalimentación ofrece una solución para la mejora de rechazo de perturbaciones si no hay variable practica de proceso secundario, PV2, se puede establecer (es decir una variable de proceso no puede ser localizado o sea medible, proporciona una alerta temprana de la inminente interrupción, y responde primero en FCE manipulaciones).

Alimente adelante también tiene valor si nuestra preocupación se centra en una alteración específica que se encarga de las repetidas interrupciones costosas para un funcionamiento estable. para proporcionar un beneficio, la medida adicional debe revelar perturbaciones del proceso antes de llegar a nuestro PV así que tenemos tiempo para calcular y despegar acciones de control preventivos.

Modelos de controlador Feed-forward

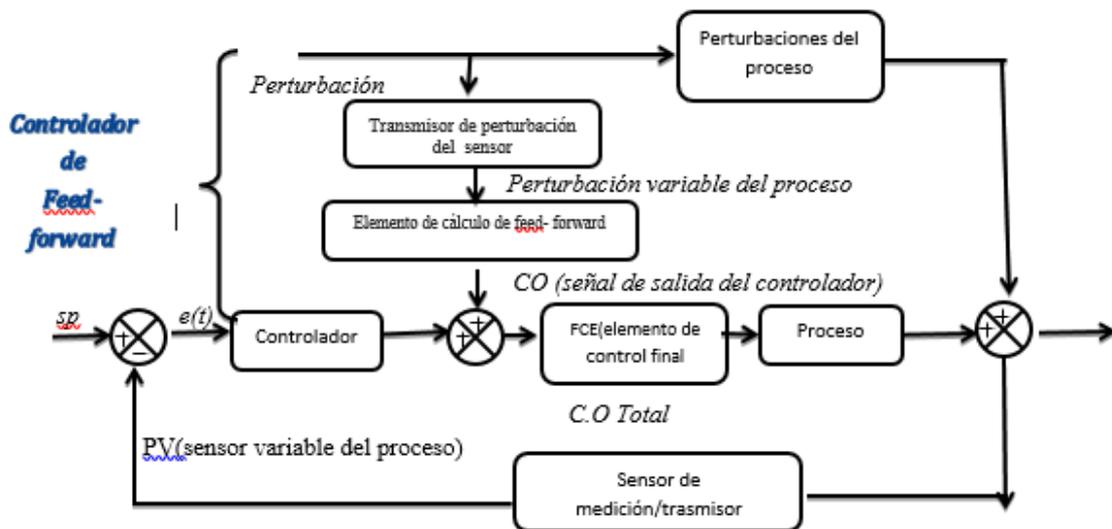


FIGURA 24 (Control feed forward)

2.9.11. Los feed-forward – controller Only.

Controladores feed – forward rara vez se encuentra en aplicaciones industriales donde las corrientes de flujo de procesos se componen de gases líquidos, polvos lodos o fundidos.

2.10. Metodología:

2.10.1. Pasos para diseñar el sistema de extracción de agua

- calcular la altura desde el nivel de agua hasta el nivel del terreno que se quiere elevar.
- calcular la cantidad de potencia que necesita la bomba para poder elevar el agua al nivel requerido.
- calcular el diámetro necesario para las tuberías principales.²⁰

2.10.2. Pasos para diseñar el sistema fotovoltaico

- calcular la cantidad de paneles solares y la conexión necesaria para poder suministrar la energía para alimentar la bomba.
- calcular la cantidad de baterías y la conexión que se necesita para almacenar la energía del panel solar.
- calcular los requerimientos que necesitan los equipos que se utilicen como el regulador de carga, inversor, etc.

2.10.3. Pasos para diseñar el sistema de almacenamiento de agua

- calcular el volumen del estanque de almacenamiento de agua necesario para 2 hectáreas.
- calcular la cantidad de geo membrana que se necesita para recubrir todo el estanque de almacenamiento de agua.
- determinar si es necesario una bomba auxiliar para aumentar la presión de salida.

2.10.4. Pasos para diseñar el sistema de riego

- calcular según el tipo de planta y su distribución en el terreno la cantidad de tubería.
- calcular la cantidad de goteros, codos, T y otros accesorios para la tubería.

2.10.5. Pasos para diseñar el sistema de control

- calcular según el método de control, el plc necesario para soportar todos los requerimientos funcionales.
- elegir el lenguaje de control y el software más adecuado para resolver el problema.

imagen: <http://controlguru.com/feed-forward-uses-models-within-the-controller-architecture/>
21 fragmento de texto: <http://controlguru.com/the-feed-forward-controller/>

Capítulo III

Análisis de las necesidades y situación actual

3.1. Localización de los lugares:

El lugar de aplicación del proyecto, se ubica en el centro poblado la trocha distrito de Jayanca, provincia de Lambayeque departamento de Lambayeque a 62 min de la ciudad de Lambayeque 53Km aproximadamente de la ciudad de Lambayeque; carretera Fernando Belaunde Terry

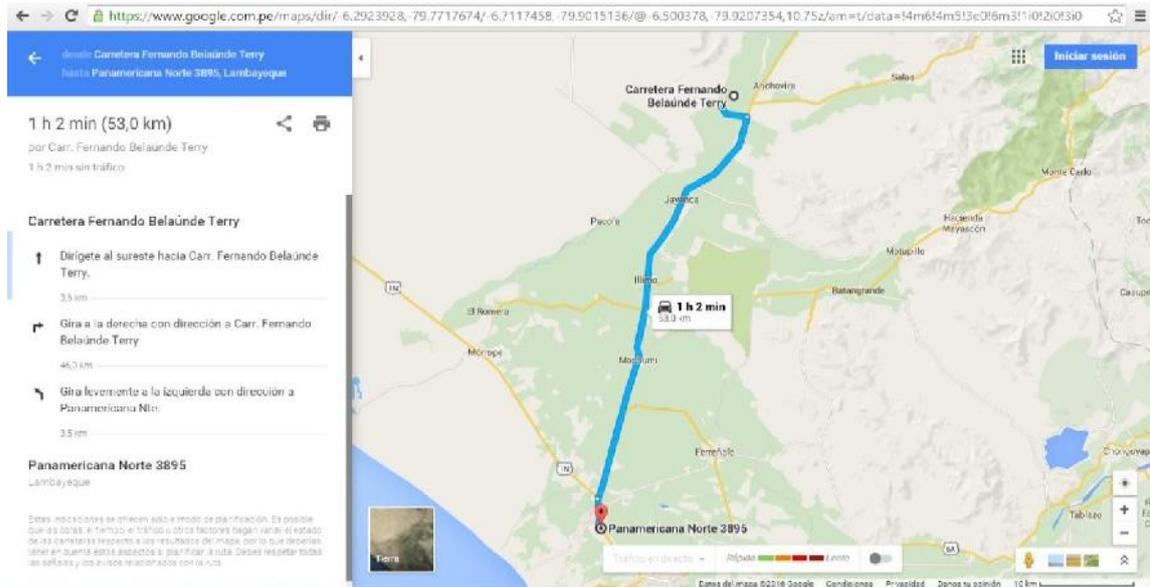


FIGURA 25 (Localización del lugar de trabajo)

3.2. Descripción de Zona de trabajo:

La zona de trabajo en donde se realizaron los estudios e investigaciones se ubica en una coordenada este de 635881.00 m E y una coordenada norte de 9302604.00 m S donde se puede realizar todo tipo de sembrío agrícola

3.3. Puntos de referencia en el terreno:





FIGURA 26 (Puntos de referencia)

En la actualidad el pozo tiene esta ubicación en el terreno la cual tiene un motor diésel de 16Hp con el que se extrae agua de una profundidad de 60 metros y es enviado a aproximadamente a 800m de la instalación del pozo que riega un área de 2ha.

Pozo de extracción de agua

Características

Pozo anillado

Diámetro de 1.20m

Profundidad 25m

Pozo tubular

Diámetro 15 cm

Profundidad 35m



FIGURA 27 (Modelo de pozo de extracción)

3.4. **Motor de fuerza para extracción:**
Características mecánicas

No. de Modelo: ZS1115

Velocidad: Baja velocidad

Modo de encendido: De encendido por compresión

Cilindro de refrigeración: Refrigeración por agua

Combustible: Diésel de Motor

Tipo Solo-cilindro, ciclo horizontal 4



Modelo	ZS1115	ZS1115N	ZS1100D	ZS1100ND	ZS1100WP
Tipo	Solo-cilindro, ciclo horizontal 4				
Sistema de la combustión	Inyección directa				
Movimiento del alesaje x (milímetros)	100*115				
Dislocación (L)	0.903				
Cociente de compresión	20: 1				
MAX.Output (Hp/rpm)	15/2200				
Sistema de enfriamiento	Evaporativo	Radiador	Evaporativo	Radiador	Evaporativo
Sistema lubricante	Presión combinada y chapoteo				
Comenzar método	Operación manual manualmente	Operación manual manualmente	Encender el motor	Encender el motor	Operación manual manualmente
Peso neto (kilogramos)	145	145	150	150	145
Dimensiones totales (L*W*H) (milímetro)	900*440*760				

CUADRO 6 (Especificaciones técnicas de motor antiguo)

3.5. Extracción:

se utiliza un par de poleas una anclada al eje de la bomba y la otra unida al eje del motor diésel las cuales están unidas a través de una faja de caucho

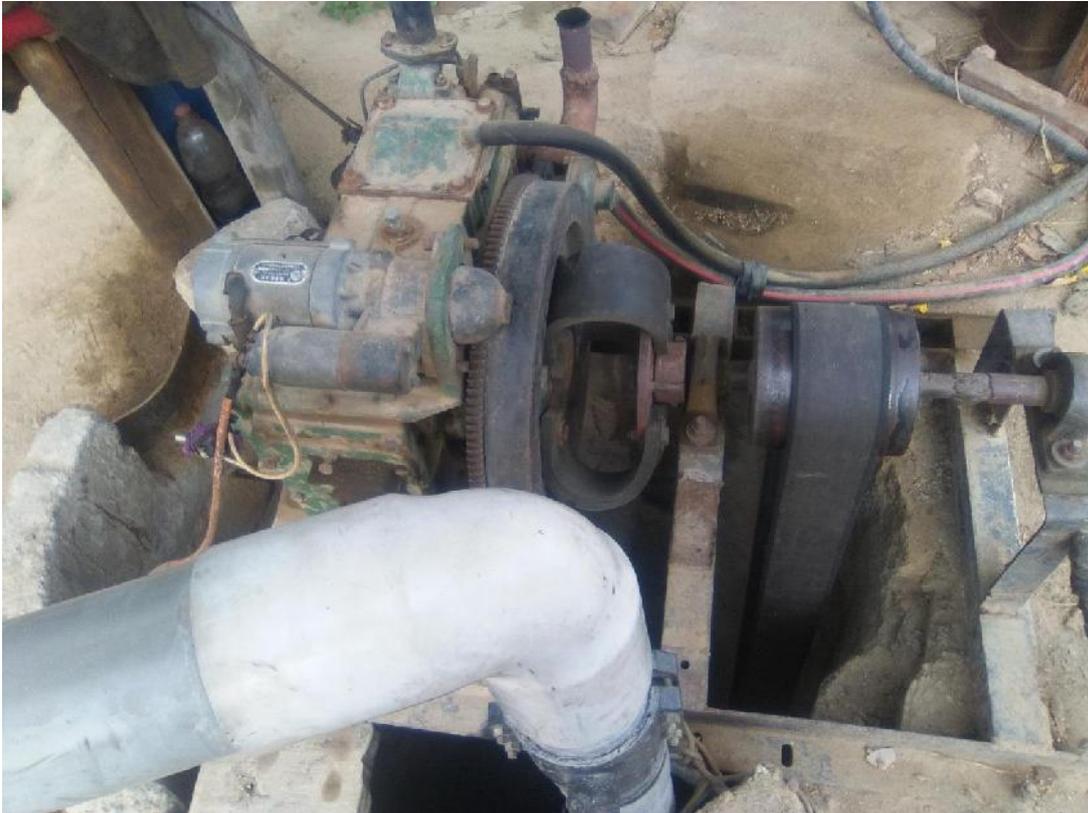


FIGURA 28 (Circuito de irrigación con tuberías pvc)



FIGURA 29 (Mangas para riego por inundación)

Capítulo IV

Diseño del Proyecto de Tesis

4.1. Diseño del sistema de extracción de agua

4.1.1. Calcular la altura desde el nivel de agua hasta el nivel del terreno que se quiere elevar.

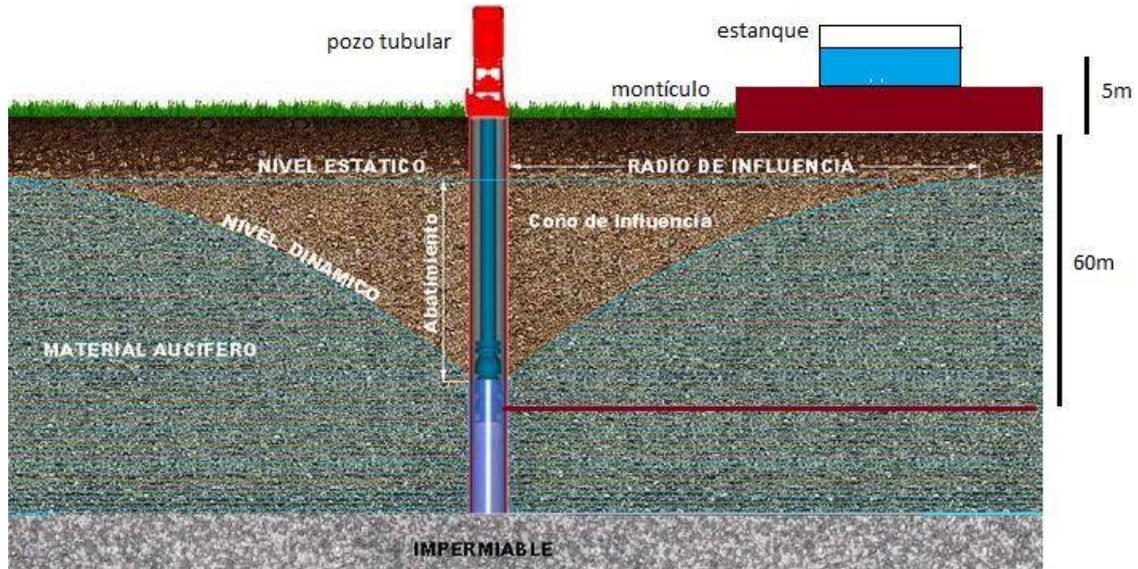


FIGURA 30 (Diseño del sistema de extracción de agua)

Longitud del pozo tubular: 60m

Altura desde el nivel del suelo hasta el nivel del estanque: 5m

El dimensionamiento de equipos para la extracción de agua es realizado después de definidos los parámetros de la perforación a ser utilizada, el caudal de producción o caudal que se pretende utilizar, el nivel estático y el nivel dinámico para el caudal deseado. Otro factor necesario es la ejecución de un pequeño proyecto de instalación donde deben ser determinados los datos referentes a la distancia del pozo de extracción al tanque de agua, el desnivel (altura manométrica) los diámetros de aspiración y elevación, la longitud de los tramos de cañerías y la definición de las conexiones necesarias (llaves, curvas, válvulas, etc). Esas informaciones permiten el cálculo de la altura manométrica total que, conjuntamente con el valor de caudal deseado del proyecto, determinará el modelo de bomba a ser utilizada, mediante la consulta al catálogo del fabricante, que informa también la curva de rendimiento de la bomba y la potencia del motor exigida para el caso específico. Escogamos el sistema de nuestro interés (centrífuga, inyectora o de inmersión) y calculemos la altura manométrica total de nuestro proyecto. Con ese dato y con el caudal deseado, es posible encontrar entre los diversos fabricantes el modelo ideal para nuestro caso específico. Debemos recordar que las bombas centrífugas presentan limitaciones específicas con relación a la profundidad de aspiración.

4.1.2. Bombas Sumergidas

Para la selección de una bomba sumergida debemos conocer los siguientes ítems:

Q: Caudal deseado

Nd: Nivel dinámico

Ne: Nivel estático

Hr : Altura de elevación

Dp: Diámetro de la perforación

A: Longitud de la cañería de elevación

PC: Profundidad de colocación de la bomba

El modelo esquemático de abajo muestra un proyecto típico utilizando una bomba sumergida

Cálculo de la altura manométrica total (AMT)

AMT = Altura manométrica de elevación (AME) + nivel dinámico (Nd)

AME = Pérdidas por rozamiento en la cañería de elevación + suma de pérdidas de presión en cada conexión en la elevación + altura de elevación (Hr)

Las pérdidas por rozamiento en cañerías y conexiones son obtenidas en tablas específicas para cada diámetro en particular

Ejemplo de cálculo de una AMT para un sistema con bomba sumergida y selección del modelo de bomba

- Consideremos el modelo de arriba con las siguientes condiciones:
- Caudal deseado: 7m³/h
- Nivel dinámico: 55m
- Diámetro de la perforación: 6"
- Diámetro de la cañería: 2"
- Altura de elevación (Hr) : 5m
- Longitud de la cañería de elevación (A) = 65 m
- Profundidad de colocación de la bomba: 60m
- Cálculo de la altura manométrica total de elevación (AME)
- AMR = Perdidas por rozamiento en la cañería de elevación + suma de pérdidas de presión en cada conexión en la elevación + altura de elevación (Hr)
- Largo de la cañería de elevación (A) = 65 m
- Pérdida por rozamiento en 65 metros de cañería de 2" (ver TABLA) = 3,9% x 25m = 0,975m
- Pérdidas de presión en cada conexión en la elevación – pérdida de presión en registro de gaveta 2"(F) (ver TABLA) = 0,06m
- Pérdida de presión en tres curvas (D) de 90° de 1" (ver TABLA) = 0,12m
- Pérdida de presión en la válvula de retención de 2" (E) (ver TABLA) = 0,11m
- Altura de elevación (Hr) = 15m

Dimensionamiento de bombas para la extracción de agua

- AME = (0,975m) + (0,06m) + (0,12m) + (0,11m) + (15m) = 16,265m
AMT = AMR + Nd = 16,265m + 50m = 66,26m

Tomando como ejemplo la tabla de abajo de la bomba sumergida de la serie SK KING para perforaciones de 4", podemos seleccionar como modelo apto para el proyecto propuesto la SK 3.0 –92/15B con una caudal de 8,0 m³/ h y potencia de 3CV

MODELO	CV	ALTURA MANOMÉTRICA TOTAL (m)												Altura máxima (m)
		25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	
SK 5.0 - 92/11B	3	13.8	12.5	11.1	10.0	8.9	7.6	6.2	5.3	4.5	3.6			75
SK 5.0 - 92/12B	3		13.1	11.9	10.7	9.7	8.7	7.5	6.4	5.5	4.2	3.3	2.5	83
SK 5.0 - 92/13B	3			12.2	11.1	10.1	9.3	8.2	7.3	6.2	5.2	4.1	3.3	88
SK 5.0 - 92/14B	3			12.9	12.0	11.0	10.0	9.1	8.1	7.2	6.1	5.3	4.3	95
SK 5.0 - 92/15B	3				12.2	11.5	10.5	9.9	8.8	8.0	6.8	6.0	5.0	102

4.1.3. Diseño del sistema fotovoltaico

Longitud del pozo tubular: 55m

Altura desde el nivel de agua hasta donde se sumerge la bomba 5m

Altura desde el nivel del suelo hasta el nivel del estanque: 5m

Altura total 65m

Caudal 7m³

4.1.4. Calcular la cantidad de potencia que necesita la bomba para poder elevar el agua al nivel requerido.

$$P = \frac{\rho * g * Q * H}{1000 * \eta} \text{ en KW}$$

con ρ en Kg/dm³ = 1 kg/dm³ para el agua

g en m/s² = 9,8 m/s²

Q en l/s = 1,94 l/s

H en m = 65 m altura total

$n = 0,6$

$$P = 1 * 9.8 * 1.94 * 65 / 1000 * 0.6$$

$$P = 2059W$$

Por motivos de que este cálculo es teórico y en la realidad puede diferir un poco se optó por agregar una potencia del 50% a la calculada, dando como resultado unos 3050watts y se escogió un kit de bombeo con parámetros semejantes a los calculados.

4.1.5. Calcular el diámetro necesario para las tuberías principales.

El dimensionado final de los diámetros de las tuberías debe ser tal que las velocidades alcanzadas por el agua en el interior de las tuberías sean como máximo:

- Tubería de aspiración: 1,8 m/s;
- Tubería de impulsión: 2,5 m/s.

Velocidades del agua por el interior de los conductos inferiores a 0,5 m/s podría originar problemas de sedimentación, mientras que velocidades superiores a los 5 m/s podría originar fenómenos abrasivos en las paredes interiores de las tuberías que afectarían a su durabilidad.

La expresión que relaciona la velocidad del fluido (v) con el gasto o caudal (Q) es la siguiente: $Q = v \cdot A$

$$v = \frac{354 \cdot Q}{D^2} \qquad v = \frac{21,22 \cdot q}{D^2}$$

Siendo,

- V, la velocidad del agua, en m/s;
- D, es el diámetro interior de la tubería, en mm;
- Q, es el caudal de agua que circula por la tubería, en m³/h;
- q, es el caudal de agua, pero expresado en l/min.

$$D^2 = 50 \cdot 50 = 2500$$

$$V = 354 \cdot 7 / 2500 = 0.99 \text{ m/s}$$

Dado que la velocidad esta dentro de los parámetros se opto por utilizar una tubería de 2" de diámetro con material de pvc.

4.2. Diseño Del Sistema Fotovoltaico

4.2.1. Calcular la cantidad de paneles solares y la conexión necesaria para poder suministrar la energía para alimentar la bomba.

El funcionamiento aproximado de la bomba será de 8 horas/día en verano y 5-6 horas/día en invierno y s consumo está en torno a los 3050watts. (Conexión 10x2).



FIGURA 31 (Conexión de Paneles)

Cada panel 12v y 250w que conectados en serie de dos y paralelo de 10 sumen un total de 5000watt, que son suficientes para mantener la bomba y el sistema de control funcionando por varias horas.

4.2.2. Calcular la cantidad de baterías y la conexión que se necesita para almacenar la energía del panel solar.

Dado que la potencia de la bomba es de 3050watts el banco de baterías tiene que ser capaz de suministrar más que esta potencia y mantenerlo trabajando en promedio de 7 horas que son un promedio de 21000watts, si una batería de 24v a 100Ah suministra una potencia de $24v \times 100Ah = 2400watts$ por hora en total se utilizaran una cantidad de baterías de $21000watts / 2400watts = 8.75$ que redondeando sería 9 baterías de 24v a 100Ah. Para este banco las baterías tendrán una configuración de 9 conectadas en paralelas sumando en total 24v a 900Ah.

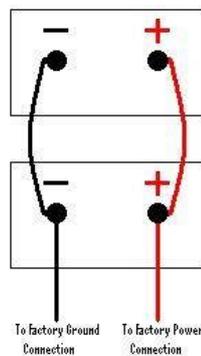


FIGURA 32 (Conexión de Baterías)

4.2.3. Calcular los requerimientos que necesitan los equipos que se utilicen como el regulador de carga e inversor.

Dado que los bancos de baterías están conectados en serie y paralelo con una capacidad total de 24v a 900Ah el regulador de carga tiene que cargar baterías de 24v con entrada de voltaje de 24 y de manera comercial solo existen hasta 50A las baterías se cargarán totalmente en un tiempo de $900Ah/50A = 18h$ y como el aprovechamiento de la luz son aproximadamente 10 horas para que se cargue las baterías sería necesario dos días de carga.

Tomando como dato los 5000watts de consumo por la bomba y el sistema de control se optó por utilizar n inversor de características similares es decir el inversor tendrá que ser de 5000watts con entrada de 24v y salida monofásica o trifásica de acuerdo a la bomba.

4.3. Diseño del sistema de almacenamiento de agua

4.3.1. Calcular el volumen del estanque de almacenamiento de agua necesario para 2 hectáreas.

Construcción de un estanque recubierto con geo membrana:

Descripción:

- Profundidad 2 metros
- Largo 10 metros
- Ancho 10 metros
- Total 200 m³
- Angulo de inclinación de laterales 15°
- Altura del estanque respecto al nivel del agua 65m

Calculo de geo membrana para el estanque

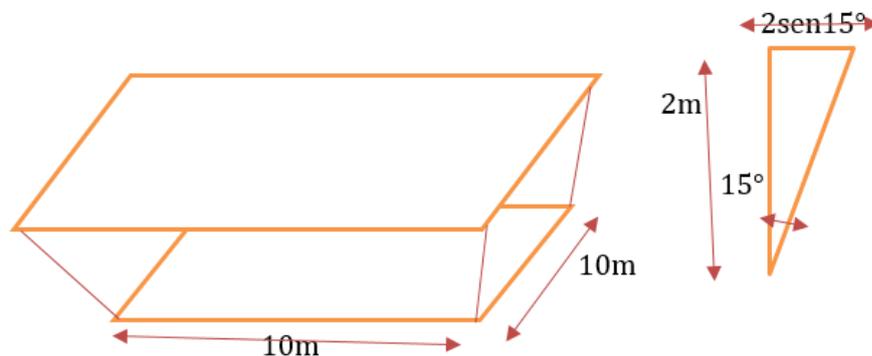


FIGURA 33 (Medidas de Estanque)

- Área del estanque
- Área de la base $10\text{m} \times 10\text{m} = 100\text{m}^2$
- Longitud lateral de 15° $((2\text{m})^2 + (2\text{m} \cdot \text{sen}15^\circ)^2)^{1/2} = 2,066\text{m}$
- Longitud de lado superior $2 \cdot 2\text{m} \cdot \text{sen}15^\circ + 10 = 1,035\text{m} + 10 = 11,035$
- Área de los lados $(11,035 + 10) \cdot 2,066 / 2 = 21,729\text{m} \cdot 4 = 86,916\text{m}^2$
- Total de área de geo membrana = 186,916m²

- Agregando un área de 23 m² para uniones de la geo membrana se obtiene un área total aproximada de 210 m² y dado que la forma del estanque es de una pirámide trunca invertida su nuevo volumen es = $(A_b + A_s + (A_b \cdot A_s)^{1/2}) \cdot h / 3$ reemplazando $(100 + 121,77 + (110,349)) \cdot 2 / 3 = 221,41 \text{ m}^3$

4.3.2. Calcular la cantidad de geo membrana que se necesita para recubrir todo el estanque de almacenamiento de agua.

Calculo de geo membrana para el estanque

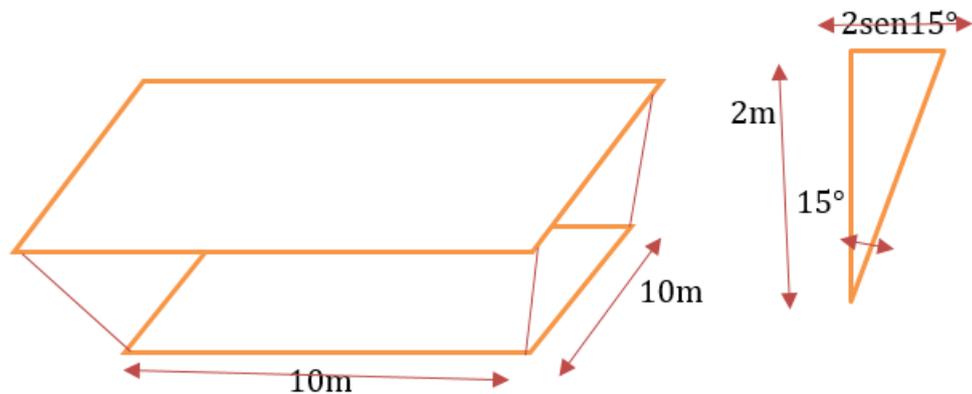


FIGURA 34 (Medidas de estanque)

- Área del estanque
- Área de la base $10\text{m} \cdot 10\text{m} = 100\text{m}^2$
- Longitud lateral de 15° $((2\text{m})^2 + (2\text{m} \cdot \text{sen}15^\circ)^2)^{1/2} = 2,066\text{m}$
- Longitud de lado superior $2 \cdot 2\text{m} \cdot \text{sen}15^\circ = 1,035\text{m} + 10 = 11,035$
- Área de los lados $(11,035 + 10) \cdot 2,0066 / 2 = 21,729\text{m} \cdot 4 = 86,916\text{m}^2$
- Total de área de geo membrana = $186,916\text{m}^2$

Tomando en cuenta los tamaños comerciales de geo membrana se optó por el de 2m de ancho y 1mm de espesor, con una tensión de soporte $>15\text{Mp}$, tomando en cuenta esto y aumentando un poco la cantidad de área a cubrir se optó por utilizar 100m de largo.

4.4. Diseño del sistema de riego

4.4.1. Calcular según el tipo de planta y su distribución en el terreno la cantidad de tubería.

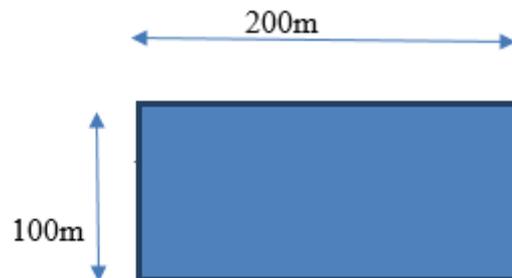


FIGURA 35 (Medidas del lugar de irrigación)

Área de irrigación

Datos:

Terreno de 100m de ancho

Terreno de 200m de largo

Tipo de planta: yuca

Distancia entre plantas: 0.6m

Distancia entre surcos: 0.8m

Profundidad de planta: 0.1m

Calculo para tubería:

$100\text{m}/0.8\text{m} = 80$ tuberías a lo largo de 200m

$200\text{m}/0.6\text{m} = 333$ puntos de plantación por cada tubería de 200m

Cantidad total de plantas $80 \times 333 = 26640$ unidades

4.4.2. Calcular la cantidad de goteros, codos, T y otros accesorios para la tubería.

Materiales a utilizar:

81 tuberías PVC de 200m a 1/2 pulgada

Conectores tipo T: 156 unidades

Conectores tipo codo: 4 unidades

Conectores tipo gotero: 26640 unidades

4.5. Diseño del sistema de control

4.5.1. Calcular según el método de control, el plc necesario para soportar todos los requerimientos funcionales.

Para nuestro caso el método de control que más se ajusta a estas situaciones que tienen que ver con el medio ambiente es el sistema feed forward y dado que es un sistema complementario a un control PID se optó por implementarlo de manera separada dado que si se utiliza un control PID será necesario un PLC de gama alta por tal motivo solo se va a implementar el sistema feed forward en n PLC de gama baja con un control proporcional, dentro de las marcas más conocidas y recomendadas se encuentra Schneider Electric con su gama baja del modelo zelio.

4.5.2. Elegir el lenguaje de control y el software más adecuado para resolver el problema.

Una vez elegido el tipo de PLC (Schneider Electric gama baja modelo zelio) este tipo de PLC solo me permite trabajar en lenguaje ladder y fadder, pero por motivos de facilidad de trabajo se escogerá el lenguaje FBD, el software que se utilizara es zeliosoft que es un software que distribuye Schneider Electric de manera gratuita y tiene como ventaja principal el de simular en tiempo real el programa y detectar errores.

Capítulo V

Diseño del sistema de riego por goteo

5.1. Puntos que se deben cumplir en el sistema de riego por goteo:

- Construcción estanque para el agua
- Cálculos de tuberías para la extracción del agua
- Cálculos de tuberías para irrigación por goteo de 2hta de terreno.
- Construcción estanque para el agua

Dado la situación económica de la zona y por el motivo de que si se construye de concreto el precio es más alto porque se tiene que llevar bastante material hasta el lugar donde se realiza el proyecto, se optó por utilizar un estanque echo en el suelo, aprovechando los lugares altos que sobresalen de la tierra como, montículos, lomas, laderas de montaña, etc. para ello se hará un agujero en la tierra de las dimensiones deseadas y para evitar filtraciones de agua hacia la tierra se utilizara un material impermeable como la geo membrana, con este material se recubrirá toda el área del estanque y dado que el material es de dimensiones cortas se pueden unir utilizando un pegamento especial.

Construcción de un estanque recubierto con geo membrana:



FIGURA 36 (Montaje de Geomembrana)

Descripción:

- Profundidad 2 metros
- Largo 10 metros
- Ancho 10 metros
- Total 200 m³

- Angulo de inclinación de laterales 15°
- Altura del estanque respecto al nivel del agua 65m

Calculo de geo membrana para el estanque

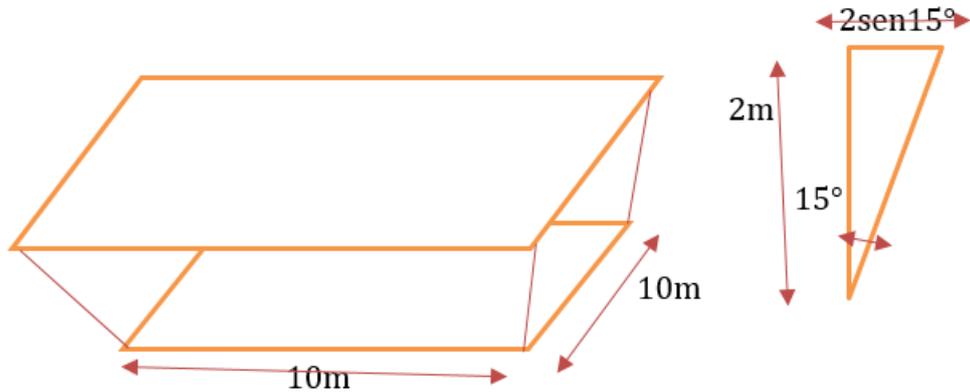


FIGURA 37 (Medidas de geo membrana para estanque)

- Área del estanque
- Área de la base $10\text{m} \times 10\text{m} = 100\text{m}^2$
- Longitud lateral de 15° $((2\text{m})^2 + (2\text{m} \cdot \text{sen}15^\circ)^2)^{1/2} = 2,066\text{m}$
- Longitud de lado superior $2 \cdot 2\text{m} \cdot \text{sen}15^\circ = 1,035\text{m} + 10 = 11,035$
- Área de los lados $(11,035 + 10) \cdot 2,0066 / 2 = 21,729\text{m} \cdot 4 = 86,916\text{m}^2$
- Total de área de geo membrana = $186,916\text{m}^2$

5.1.1. Cálculos de tuberías para la extracción del agua

La elección del diámetro de las tuberías de la instalación debe realizarse con el objetivo de limitar en lo posible las pérdidas de carga originadas por el rozamiento del flujo de agua con las paredes interiores de la tubería.

No obstante, debe llegarse a una solución de compromiso que haga económicamente rentable la instalación, dado que a mayor diámetro mayor es también el costo de la tubería.

Por otro lado, los diámetros de embocadura de las bridas en los orificios de aspiración e impulsión de la bomba, sólo determinan el diámetro mínimo que ha de tener las tuberías

de la instalación, pudiéndose emplear accesorios (conos difusores) que acoplen el agarre a la bomba con el diámetro que finalmente resulte de la tubería.

El dimensionado final de los diámetros de las tuberías debe ser tal que las velocidades alcanzadas por el agua en el interior de las tuberías sean como máximo:

- Tubería de aspiración: 1,8 m/s;
- Tubería de impulsión: 2,5 m/s.

Velocidades del agua por el interior de los conductos inferiores a 0,5 m/s podría originar problemas de sedimentación, mientras que velocidades superiores a los 5 m/s podría originar fenómenos abrasivos en las paredes interiores de las tuberías que afectarían a su durabilidad.

La expresión que relaciona la velocidad del fluido (v) con el gasto o caudal (Q) es la siguiente:

$$Q = v \cdot A$$

Donde,

- Q es el caudal volumétrico o flujo de agua que circula por la tubería;
- v es la velocidad del agua en el interior de la tubería;
- A es el área de la sección interna de la tubería ($\pi \cdot D^2 / 4$), siendo D el diámetro interior de la tubería.

Por lo tanto, sustituyendo y despejando (v) de la expresión anterior, el valor de la velocidad (v) del agua que discurre por el interior de una tubería también puede ser expresada en función del caudal (Q) y del diámetro interior (D) de la tubería, como:

$$v = \frac{Q}{A} \qquad v = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot D^2}$$

La expresión anterior toma las siguientes formas en función del sistema de unidades empleados para medir el caudal:

$$v = \frac{354 \cdot Q}{D^2} \qquad v = \frac{21,22 \cdot q}{D^2}$$

Siendo,

- v , la velocidad del agua, en m/s;
- D , es el diámetro interior de la tubería, en mm;

- Q, es el caudal de agua que circula por la tubería, en m³/h;
- q, es el caudal de agua, pero expresado en l/min.

La manera de proceder para calcular el diámetro de la tubería sería la siguiente:

- El caudal de agua (Q, o bien, q) a suministrar por la bomba es un dato de partida y conocido, según las necesidades de la instalación que se desee proyectar será de 7.5m³/h aproximadamente.

- De un catálogo de fabricante de tuberías se selecciona el material y un diámetro de tubería para nuestro caso tomaremos como referencia una tubería de pvc de 2 pulgadas de diámetro.

- Haciendo uso de las expresiones anteriores, se calcula la velocidad de circulación del agua de manera iterativa con sucesivos diámetros hasta que finalmente resulte una velocidad cercana al rango recomendado anteriormente para las velocidades de las tuberías de aspiración e impulsión.

$$v = \frac{354 \cdot 7.5}{502} \quad \text{Donde la velocidad es } v = 1,062$$

- **Altura manométrica**

El procedimiento de cálculo de una instalación de bombeo de agua comienza por el cálculo de la altura manométrica (H) ganada por el fluido y que debe ser proporcionada por la bomba, representando la resistencia que debe vencer el fluido desde el lugar de aspiración hasta la impulsión. Es conocida también como la presión que debe dar la bomba.

- La altura manométrica en hidráulica se mide en metros, existiendo las siguientes correlaciones entre las distintas unidades de medida:

1 atmósfera = 1,033 kg/cm² = 1,013 bar = 1,013 · 10⁵ Pascal (Pa) = 10,33 metros de columna de agua (m.c.a.)

- La altura manométrica (H) total se compone de la suma de los siguientes términos:

$$H = H_g + P_c + 10 \cdot \frac{P_i - P_a}{\Gamma}$$

Donde,

H_g, representa a la altura geométrica que debe vencer el fluido, en metros;

P_c, es la pérdida de carga del fluido a su paso por las tuberías, válvulas, etc. y expresado en metros;

$P_i - P_a / \gamma$, este término representa la presión diferencial existente entre las superficies del líquido en la impulsión y la aspiración de la bomba, dividido por su peso específico. El resultado se expresa en metros. Para los casos comunes donde los lugares desde donde se realice la aspiración y la impulsión estén abierto a la atmósfera, las presiones de aspiración e impulsión en la superficie del líquido serán iguales ($P_a = P_i$) y por lo tanto esta componente resultará cero ($P_a - P_i = 0$) y no deberá ser tenida en cuenta.

- La altura geométrica (H_g) será la que resulte de sumar la altura de aspiración (H_a) y la altura de impulsión (H_i):

$$H_g = H_a + H_i$$

La altura de aspiración (H_a) es la altura geométrica medida desde el nivel mínimo del agua hasta el eje de la bomba, mientras que la altura de impulsión (H_i) es la altura geométrica medida desde el eje de la bomba hasta el nivel máximo de elevación.

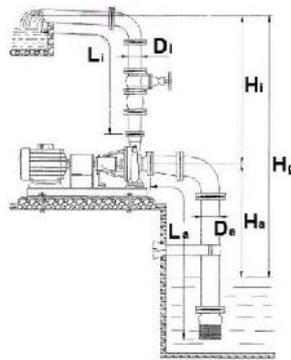


Figura 39(cálculo de tuberías)

5.1.2. Sistema de riego por goteo para un área de 2 hectáreas:

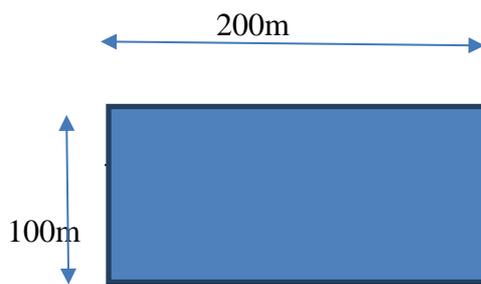


FIGURA 38 (Medidas del lugar de irrigación)

Área de irrigación

Datos:

Terreno de 100m de ancho

Terreno de 200m de largo

Tipo de planta: yuca

Distancia entre plantas: 0.6m

Distancia entre surcos: 0.8m

Profundidad de planta: 0.1m

Calculo para tubería:

$100\text{m}/0.8\text{m} = 80$ tuberías a lo largo de 200m

$200\text{m}/0.6\text{m}=333$ puntos de plantación por cada tubería de 200m

Cantidad total de plantas $80*333 = 26640$ unidades

Materiales a utilizar:

81 tuberías PVC de 200m a $\frac{3}{4}$ de pulgada

Conectores tipo T: 156 unidades

Conectores tipo codo: 4 unidades

Conectores tipo gotero: 26640 unidades

Tabla de materiales

Material	Cantidad	Capacidad	Consumo	Duración	Precio
Paneles	20	5000w	3500w	10 años	20000
Baterías	9	100AH	3100w	2 años	6500
Bomba	1	7m ³	3050w	5 años	7000
Plc	1	2dig-4ang	2.7w	20 años	500
Inversor	1	5000w	3500w	5 años	5000
Regulador	1	1200w		4 años	800
geomenbrana	200m ²	200m ³		15años	2000
Tuberías,cables, otros				10 años	1500
Total					43300

CUADRO 7 (Materiales y especificaciones)

Capítulo VI

Diseño del algoritmo de control Feed-forward

6. Feedforward

Los controladores con realimentación del proceso no tienen en cuenta la influencia de las perturbaciones que se producen y que afectan al lazo de control. Debe existir un error para que se inicie la acción correctiva. Un medio para corregir el efecto de las perturbaciones es el control **feed-forward** el cual compensa el efecto de mismas antes que produzcan error en la variable controlada. Este sistema está limitado por la exactitud de las medidas, los cálculos efectuados y las perturbaciones no medidas.



El control de realimentación (feedback control) es la técnica más común empleada en el control de procesos. En este tipo de control la señal de salida (variable controlada) es comparada con un valor deseado (punto de consigna) y la señal de error actúa sobre el controlador.

En sistemas que poseen tiempos de retardo importantes con desviaciones de magnitud y duración distintas, la señal de error es detectada mucho tiempo después que se ha producido el cambio de carga, por lo cual, la corrección correspondiente es retardada y ocurre, a veces, que actúa cuando ya no es necesaria porque se ha eliminado el cambio de carga que dio lugar a la corrección. Este problema puede resolverse en algunas aplicaciones introduciendo el control en cascada ya estudiado. Sin embargo, no deja de tener el inconveniente de necesitar que se produzca una desviación antes de actuar.

La eficacia del controlador depende de la exactitud que se consiga en la medida de la variable o variables de entrada y de la exactitud alcanzada en el modelo calculado del proceso. Por otra parte, hay que señalar que es costoso y, a veces, imposible determinar y duplicar el modelo exacto del proceso. Por lo tanto, siendo realmente un control en lazo abierto, su aplicación aislada dará lugar a un *offset* variable y significativo, es decir, la variable de salida (en general es la temperatura) se apartará significativamente de la deseada.

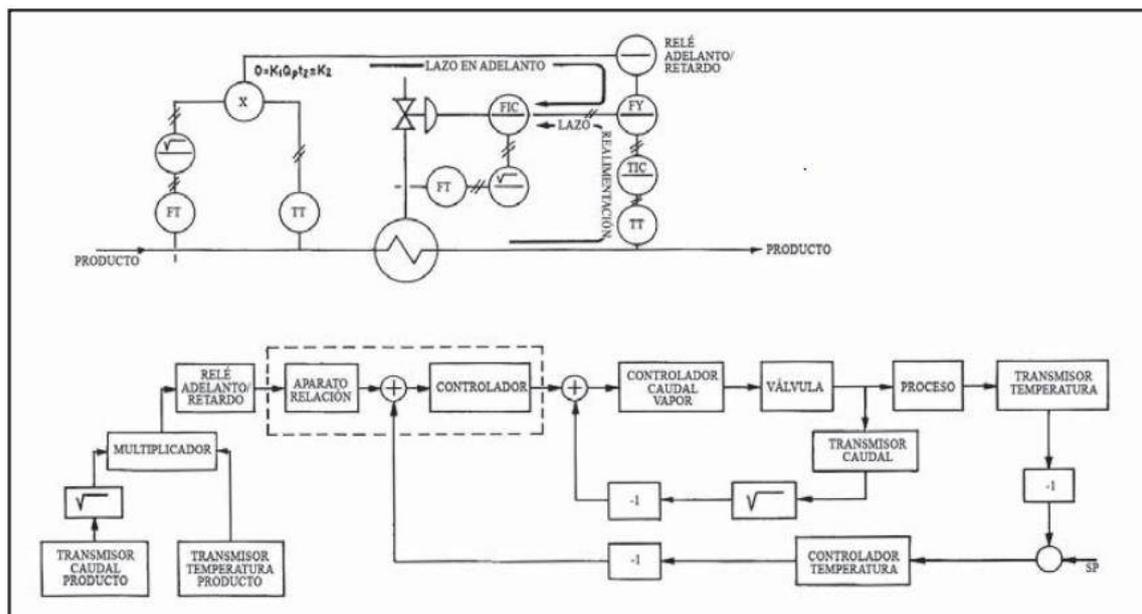
En resumen, puede afirmarse que el control de realimentación puede controlar bien en régimen permanente, pero no lo hace satisfactoriamente en condiciones dinámicas de funcionamiento del proceso. En cambio, el control anticipativo es capaz de seguir rápidamente los cambios dinámicos, pero puede presentar un *offset* considerable en la variable de salida. Afortunadamente, las dos técnicas pueden combinarse para obtener un control dinámico sin *offset*, tal como puede verse en la siguiente figura.

En la siguiente figura, el controlador anticipativo es de acción derivada. De este modo, si el caudal es fijo, la señal procedente del controlador de temperatura pasa sin cambios hacia la válvula. En cambio, si se presentan variaciones en el caudal, la señal derivada correspondiente se suma o se resta, según el sentido de la variación, a la de temperatura.

De este modo, los cambios de carga en el caudal del producto son detectados y corregidos inmediatamente, y compensan los cambios anticipados que, por esta causa, pudieran producirse en la temperatura.

Esta disposición recibe el nombre de "control anticipativo estático" y se emplea cuando el proceso dé cambios en las perturbaciones y en la variable manipulada. El control combinado anterior es relativamente sencillo, no tiene en cuenta las perturbaciones posibles en el vapor ni las variaciones en la temperatura del producto de entrada, ni la velocidad del producto a través del intercambiador.

En la figura puede verse otro tipo de control anticipativo más perfecto, que recibe el nombre de "control anticipativo dinámico" dotado de un relé de adelanto-retardo (el lazo de control se ajusta más a las características dinámicas del proceso) combinado con el clásico control de realimentación.



6.1.1. Teoría del control *feedforward*

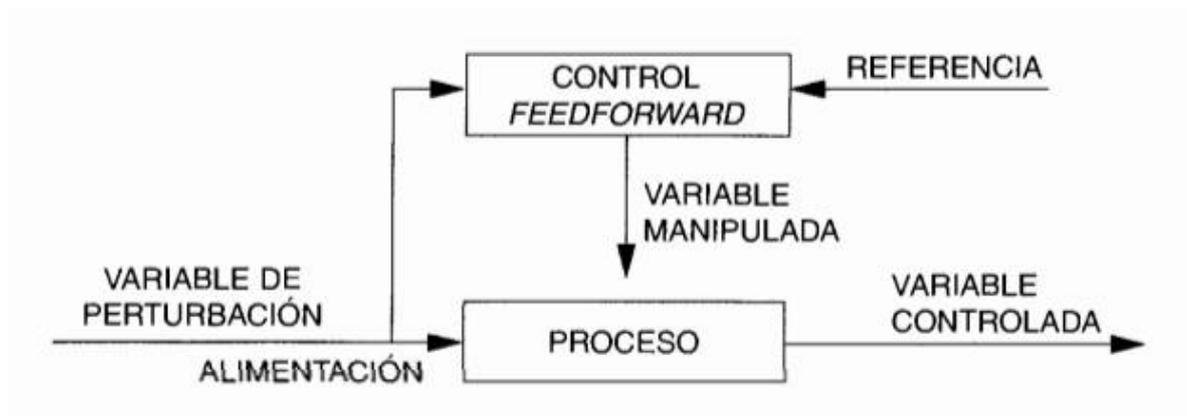
Cualquier proceso se puede describir en función de las relaciones existentes entre la salida y los dos grupos de entradas: la salida del proceso que la variable controlada (V_c) o dependiente, y la entrada, conocida a su vez como variable manipulada (V_m) o independiente. Las variables asociadas a la carga son el otro tipo de independientes conocidas como variables de perturbaciones (V_p).

A continuación, mostramos el Diagrama de bloques en el que aparecen las tres variables descritas

Como pueden verse, cada una de las entradas llega al proceso por un lugar diferente, por lo que afectan de distinta forma a la variable controlada. La ecuación que describe al proceso es:

$$V_c = V_m * G_m - V_p * G_p$$

Donde G_m y G_p son las funciones de transferencia.



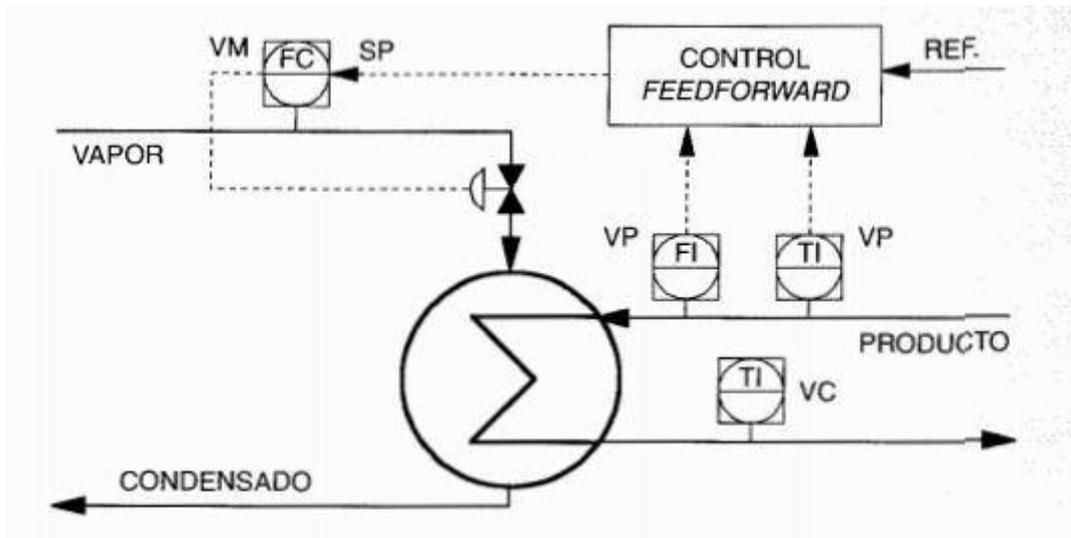
El objeto del sistema de control feedforward es mantener la variable controlada en un valor de referencia (R) que debe ser igual al valor deseado para la variable controlada con estos datos se puede obtener el valor de la variable manipulada a partir de la ecuación anterior

$$V_m = (R + V_p * G_p) / G_m$$

Si el cálculo de la variable manipulada es correcto para cualquier valor de la variable de perturbación se mantendrá constante el valor de referencia, es decir el valor de la variable controlada.

6.2. Ejemplo de aplicación a un intercambiador de calor

En el cambiador de calor de la siguiente figura la temperatura de salida es la variable controlada, es caudal de producto y su temperatura de entrada son variables de perturbación mientras que el caudal de vapor es la variable manipulada.



Aplicando un balance de energía se obtiene el modelo en estado estacionario del proceso de intercambio de calor.

$$H_s * F_s = F_p * C_p * (T_s - T_e)$$

Donde

HS = Entrada del vapor (Kcal/Kg)

Fs = Caudal de vapor (Kg/h)

Fp = Caudal de producto (Kg/h)

Cp = Calor específico del producto (Kcal/Kg °C)

Ts = temperatura de salida (°C)

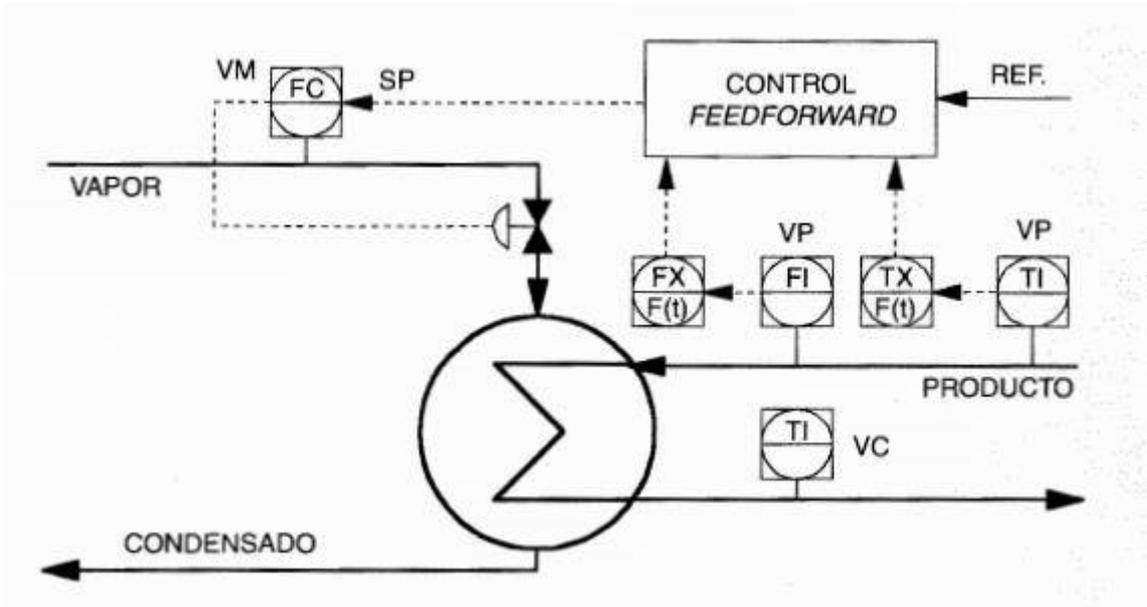
Te = Temperatura de entrada (°C)

En este ejemplo de referencia es la temperatura de salida deseada. Si no existieran otras perturbaciones se podría fijar el caudal de vapor necesario para mantener esta temperatura

$$F_s = F_p * \frac{C_p}{H_s} * (R - T_e)$$

El cálculo anterior se basa en el modelo en estado estacionario, en el cual no se contemplan las diferencias dinámicas que afectan a las variables en función de su propia naturaleza y el donde se encuentran situaciones en el proceso para llevar a cabo la compensación dinámica es necesario introducir una función de tiempo lead/lag en las variables de perturbación de forma que el sistema de control pasa a ser el de la siguiente figura

La compensación dinámica hace coincidir en el tiempo las variables para que no se produzca desviación entre el valor real de la variable controlada y el deseado como referencia



6.3. Control feed forward y feed back

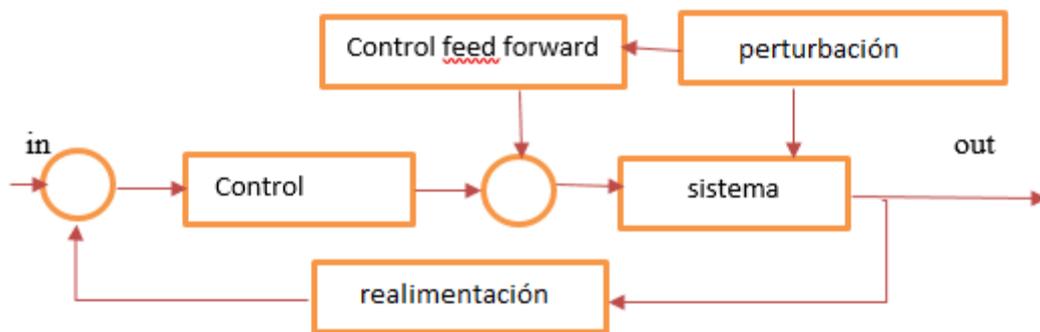
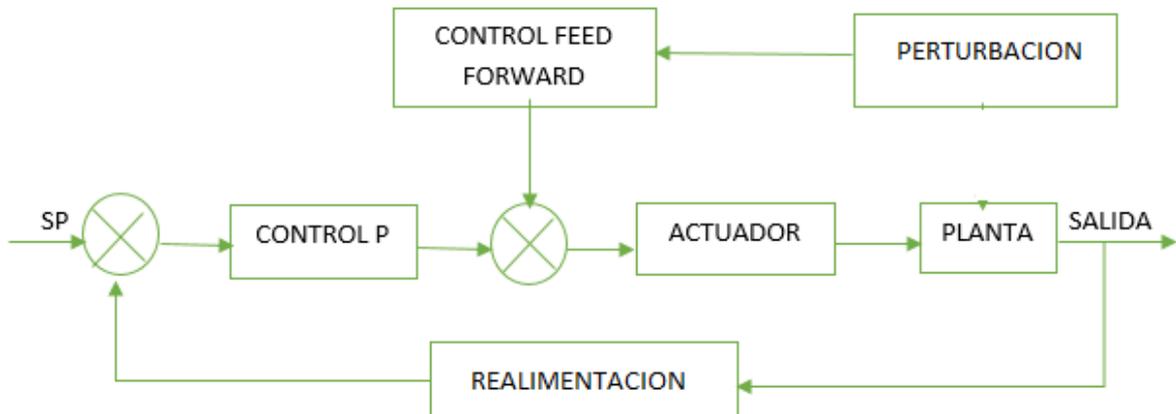


FIGURA 39 (Diagrama de bloques)

6.3.1. Diagrama de bloques del sistema de control feed forward utilizado en nuestro proyecto:



6.3.2. ESPECIFICACIONES:

ENTRADA: setpoint(SP) es igual al porcentaje de humedad máximo que puede recibir la planta que para nuestro caso es la yuca.

CONTROL P: control proporcional(P) control de lazo cerrado principal.

ACTUADOR: servo válvula(SV) actuador que me permitirá el control de caudal para la irrigación de la yuca.

REALIMENTACION: (SH) sensor que medirá la humedad del suelo y lo expresará en voltios (%0-0v a %100-10v).

PLANTA: proceso sobre el cual se ejerce el control.

SALIDA: humedad de suelo que afectara directamente a la planta de yuca.

PERTURBACION: (ST) sensor que medirá la temperatura ambiental alrededor de la plantación (°0-0v a °100-10v).

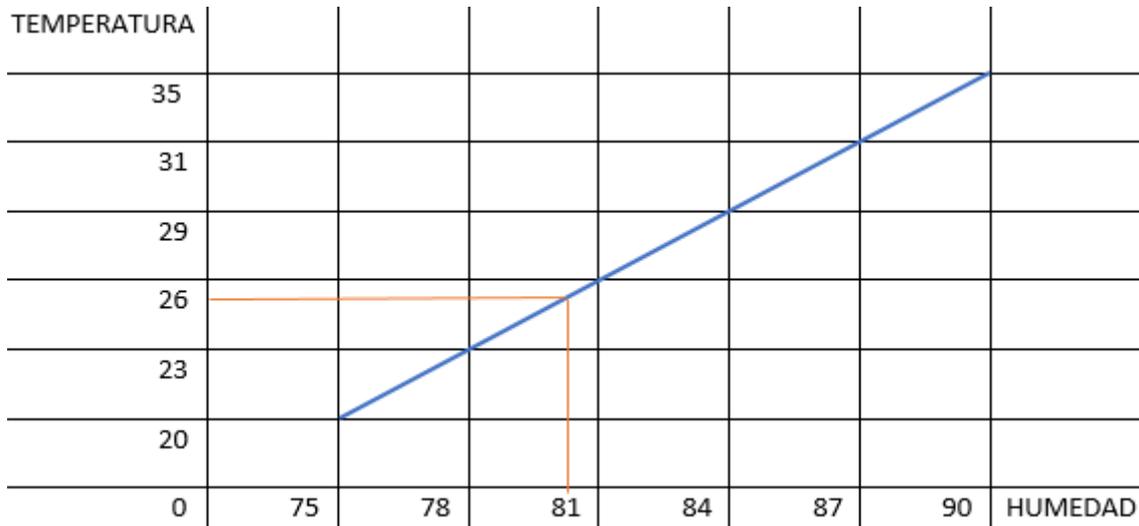
CONTROL FEED FORWARD: control de pre alimentación encargado de hacer más eficiente al control principal.

6.3.3. PARAMETROS PARA EL DESARROLLO DEL CONTROL FEED FORWARD:

TEMPERATURA AMBIENTE PARA LA PRODUCCION DE LA YUCA: se necesita entre 20 y 35 grados centígrados, por debajo de 20° la planta deja de crecer y por encima de 35° crece solo las hojas y el tallo de la yuca pero no la semilla.

HUMEDAD DE SUELO PARA LA PRODUCCION DE LA YUCA: se necesita entre el 75 y 90 porciento de humedad de suelo para que la yuca crezca de manera normal, por debajo de 75% la planta se deshidrata rápido y por encima de 90 promueve la proliferación de plagas.

A continuación, se mostrará una estimación grafica de las condiciones antes mencionadas para la producción de la yuca:



De la gráfica podemos interpretar que las mejores condiciones para la producción de la yuca es que deben cultivarse a una temperatura ambiente de 25° y un porcentaje de humedad de su suelo de 80%.

A continuación, obtenemos la ecuación que relaciona ambas variables:

Basados en la ecuación de la recta: $y=m*x$, obtenemos aproximadamente: $T=(8*H/9)-46$

Ecuaciones:

Sensor de temperatura: $v=T/10$

Sensor de humedad: $v=H/10$

Donde, H(porcentaje de humedad), T(temperatura ambiental), v(voltaje de salida del sensor).

Modelado matemático:

entrada: $i(t)=h \Rightarrow I(s)=h/s$

realimentación: $h(t)= H/10 \Rightarrow H(s)= H/10. s$

error1: $e(t)=i(t)-h(t)=h-H/10 \Rightarrow E(s)=h/s-H/10. s$

control: $c(t)=kp(h-H/10) \Rightarrow C(s)=kp (h/s - H/10. s)$

pre alimentación: $p(t)=T/10 \Rightarrow P(s)= T/10. s$

error2: $e(t)= kp(h-H/10)-T/10 \Rightarrow R(S)=)= kp(h/s-H/10. s)-T/10. s)$

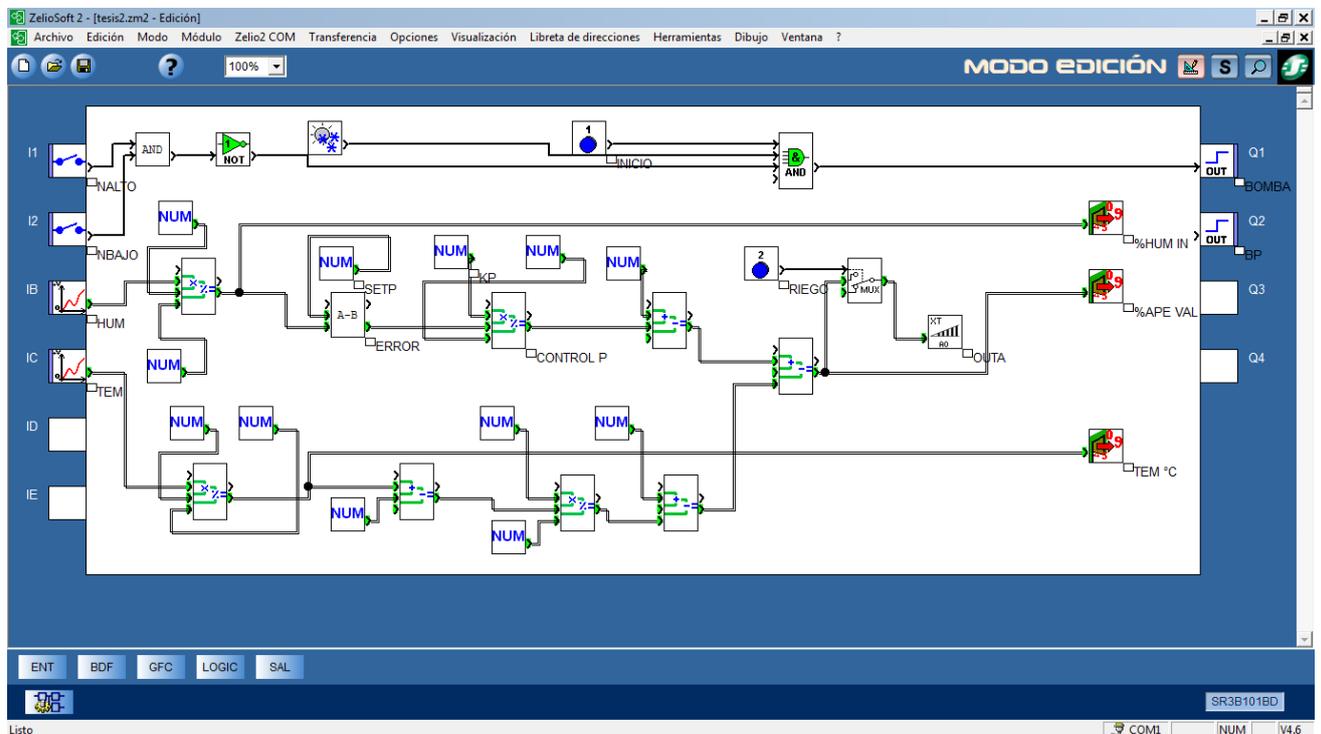
ganancia: $o(t)/i(t)= k(kp(h-H/10)-T/10))/ h$

f.transferencia: $=k(kp(h/s - H/10. s)- T/10. s)/ h/s$

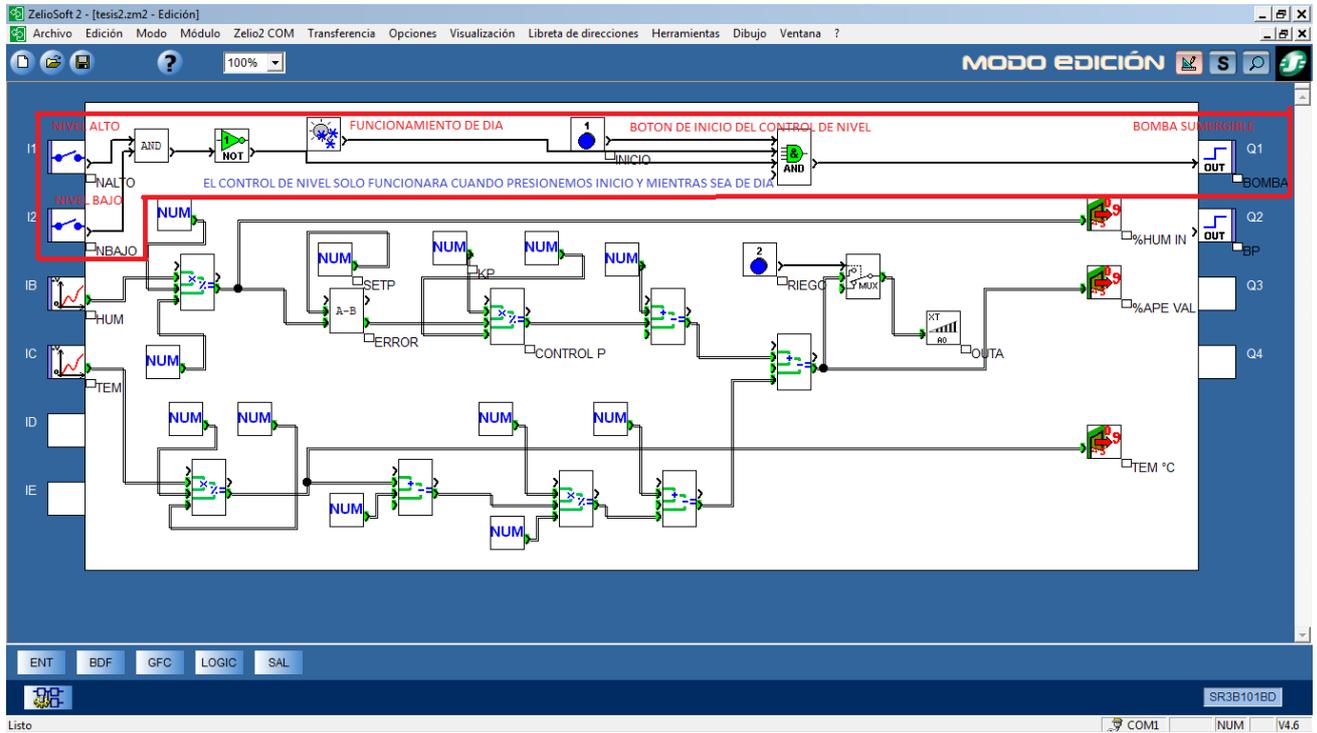
dónde: h(%humedad setpoint), H(sensor humedad), T(sensor temperatura), k(constante compensación), kp(constante proporcional)

Para el desarrollo de la simulación del control feed forward se utilizó el siguiente lenguaje: BDF o bloque de funciones y GRAFCET o gráfico funcional por etapas.

6.4.1. SIMULACION DE CONTROL DE NIVEL Y CONTROL FEED FORWARD:

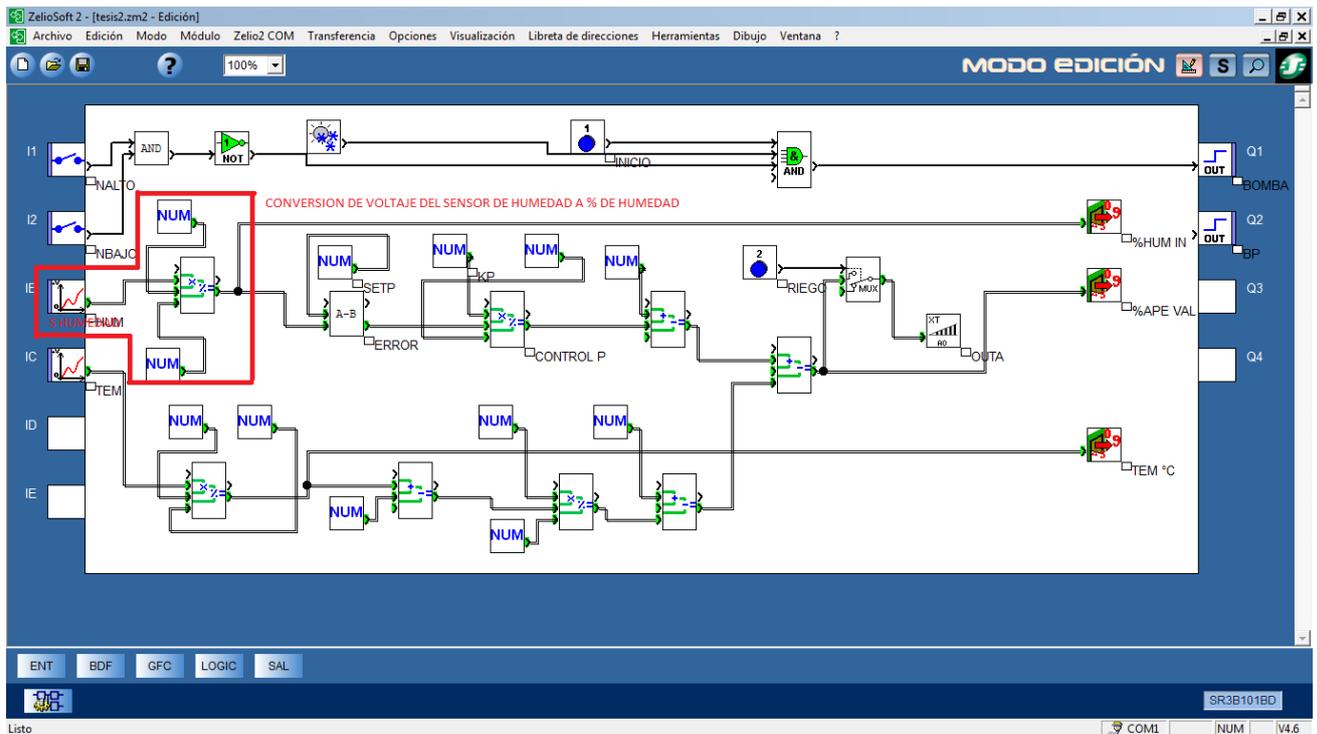


6.4.2. CONTROL DE NIVEL DEL ESTANQUE

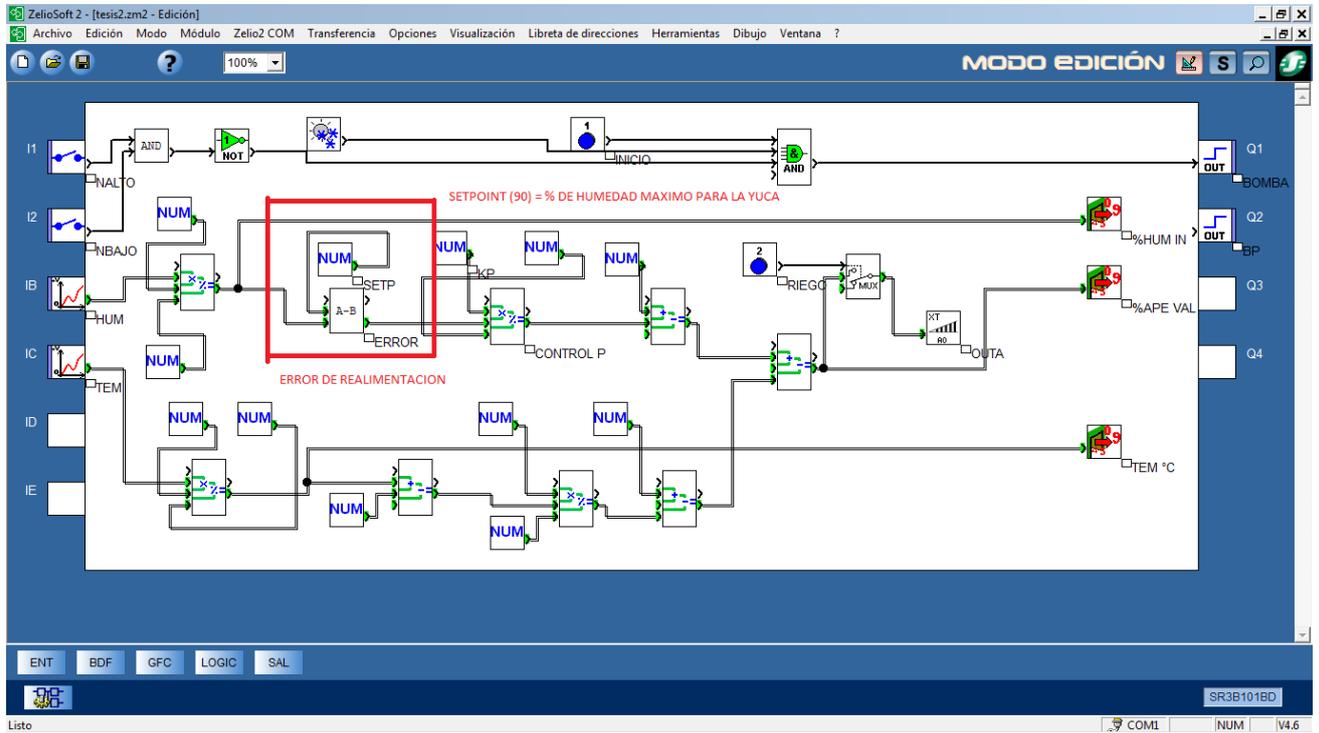


6.4.3. CONTROL PROPORCIONAL (REALIMENTADO):

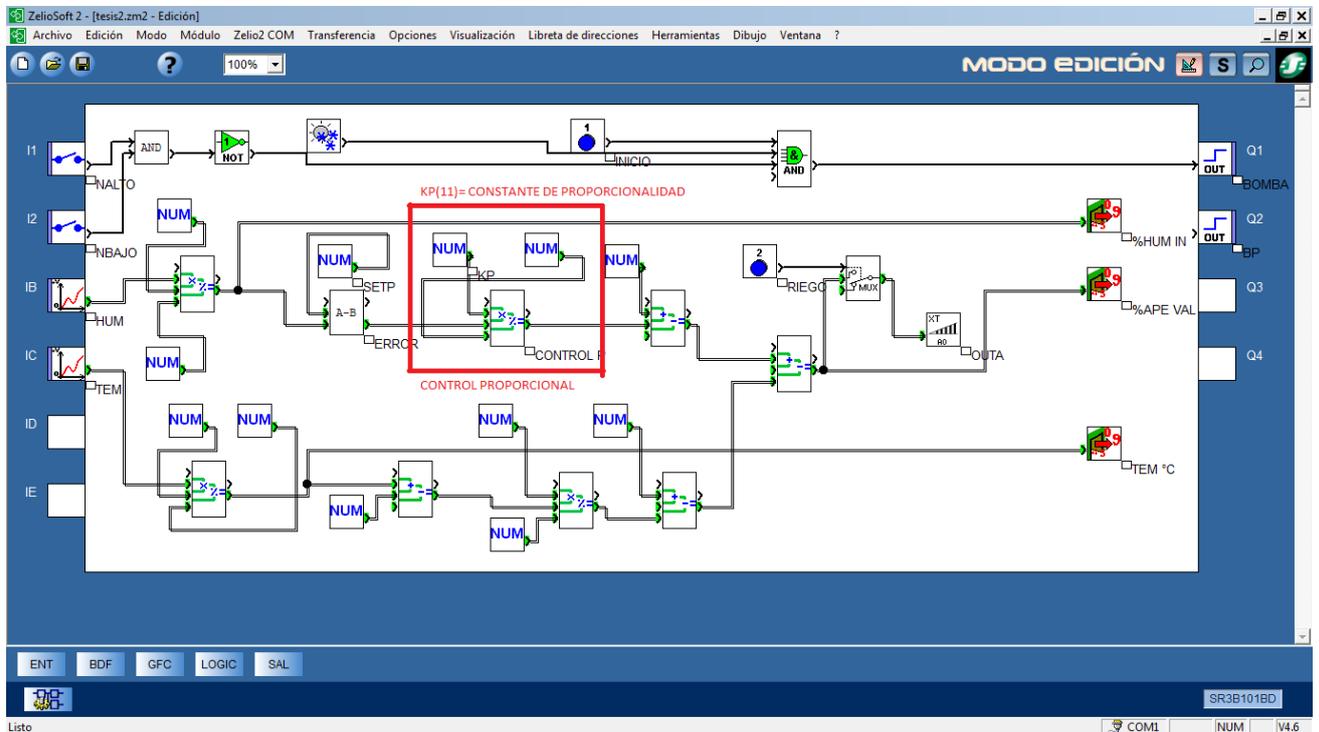
CONVERSION DE VOLTAJE DEL SENSOR DE HUMEDAD A PORCENTAJE DE HUMEDAD(0V-10V A 0%-100%)



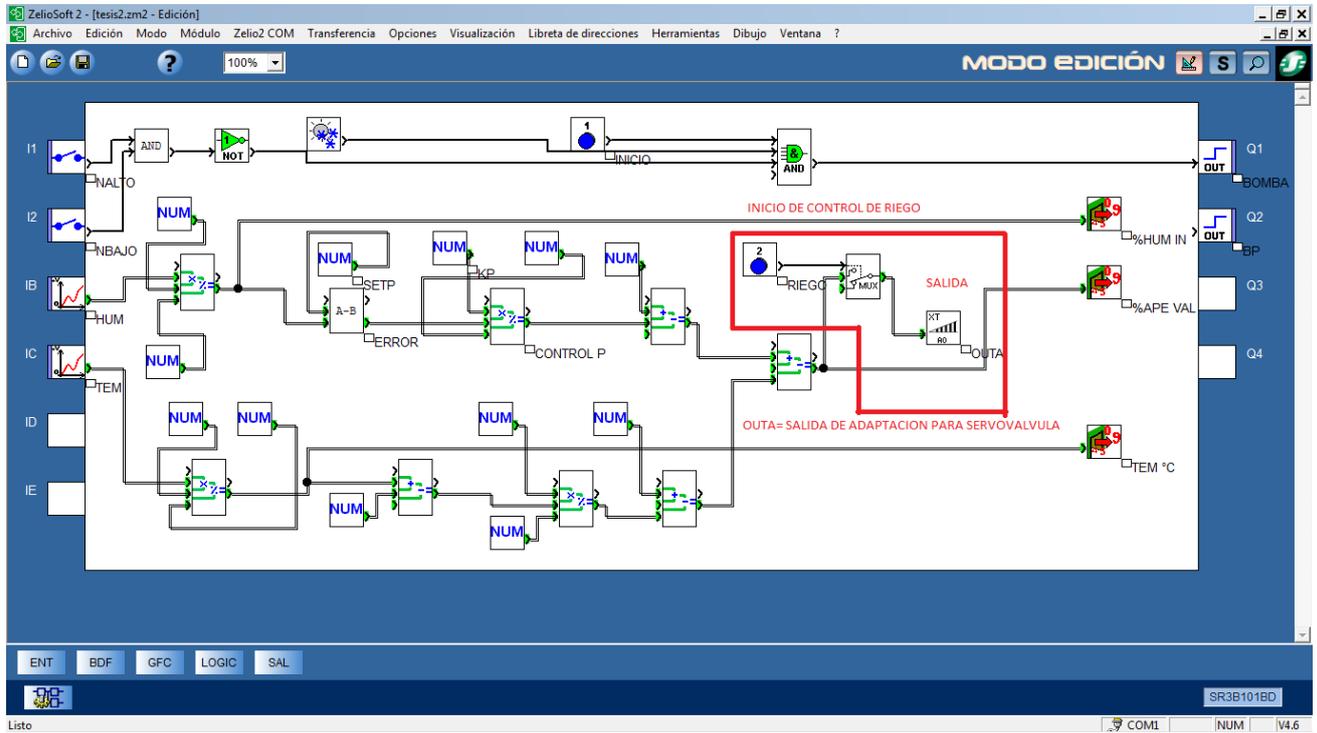
6.4.4. ERROR DE REALIMENTACION



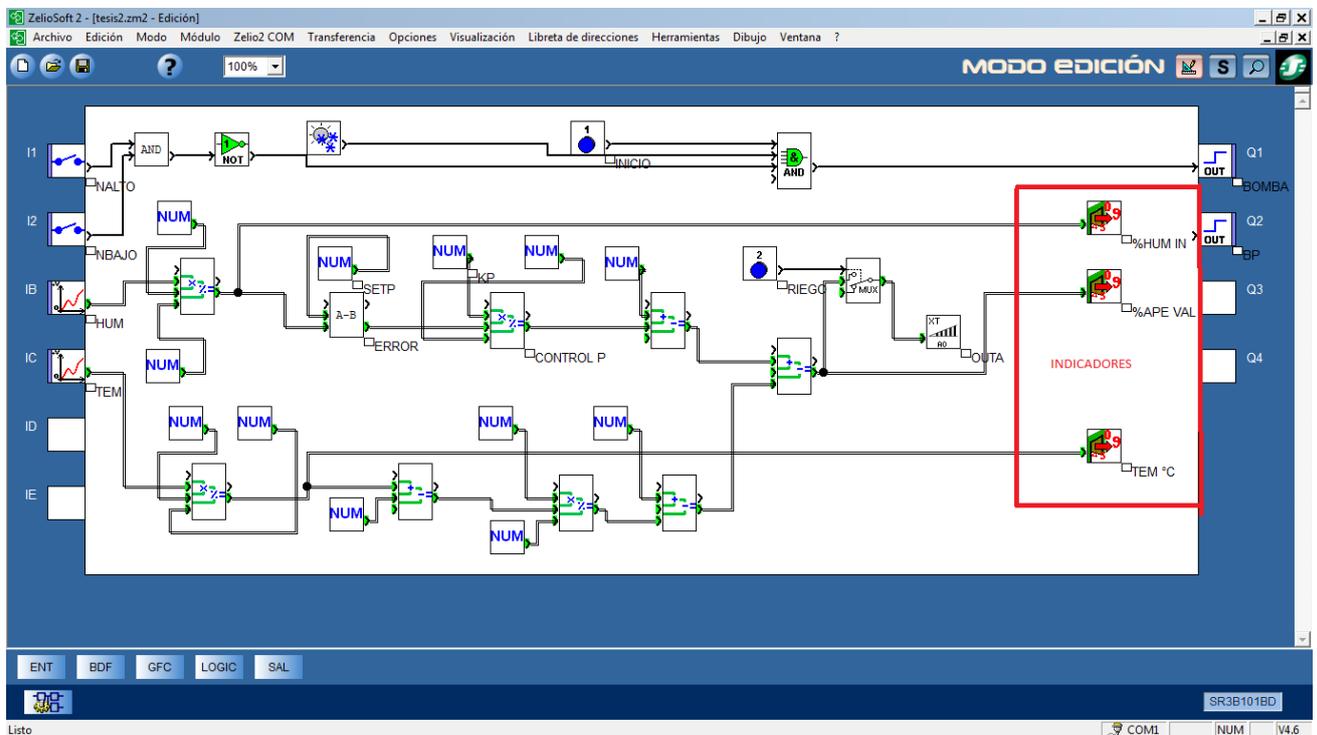
6.4.5. CONTROL PROPORCIONAL(KP)



6.4.6. INICIO DE CONTROL DE RIEGO

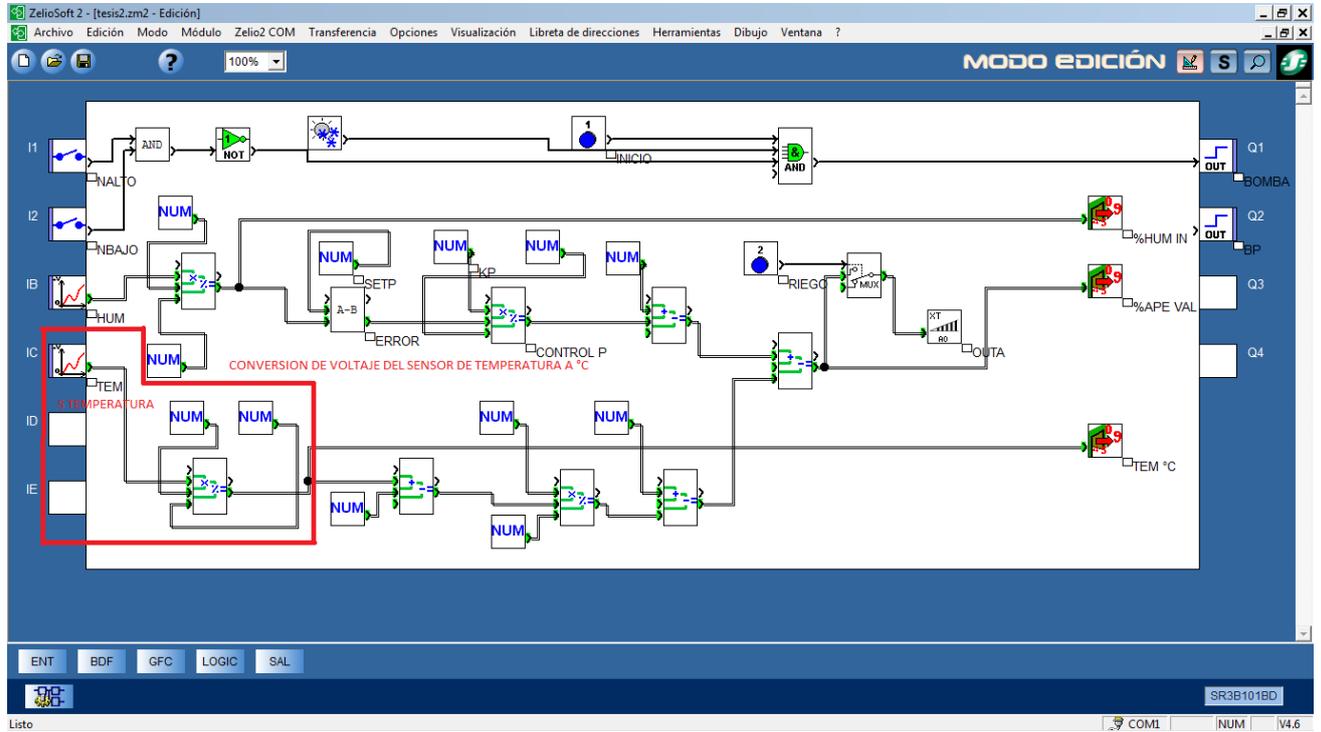


6.4.7. INDICADORES DE HUMEDAD(%), TEMPERATURA(°C), SALIDA ANALOGICA(OUTA) A SERVOVALVULA

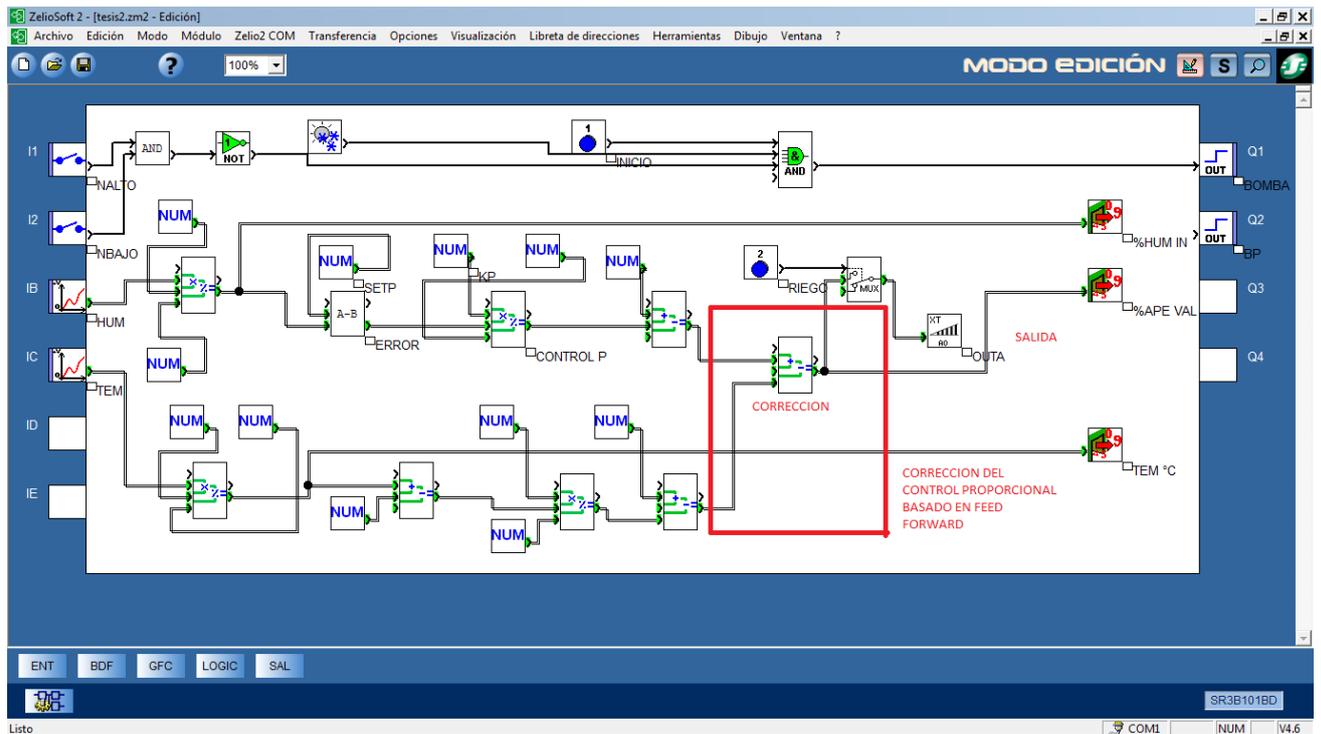


6.4.8. CONTROL FEED FORWARD(PREALIMENTADO)

CONVERSION DE VOLTAJE DEL SENSOR DE TEMPERATURA A TEMPERATURA EN °C(0V-10V A 0°-100°)

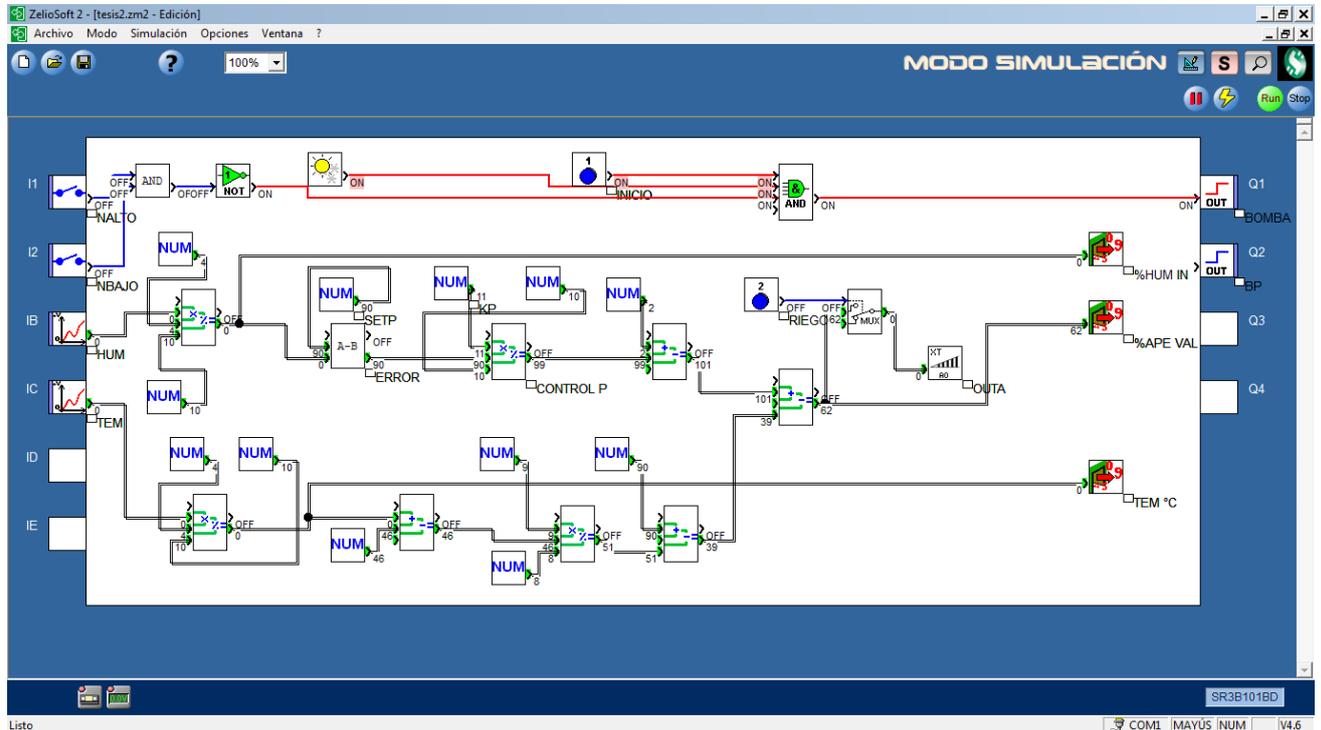


CORRECCION DEL CONTROL PROPORCIONAL EN BASE A FEED FORWARD

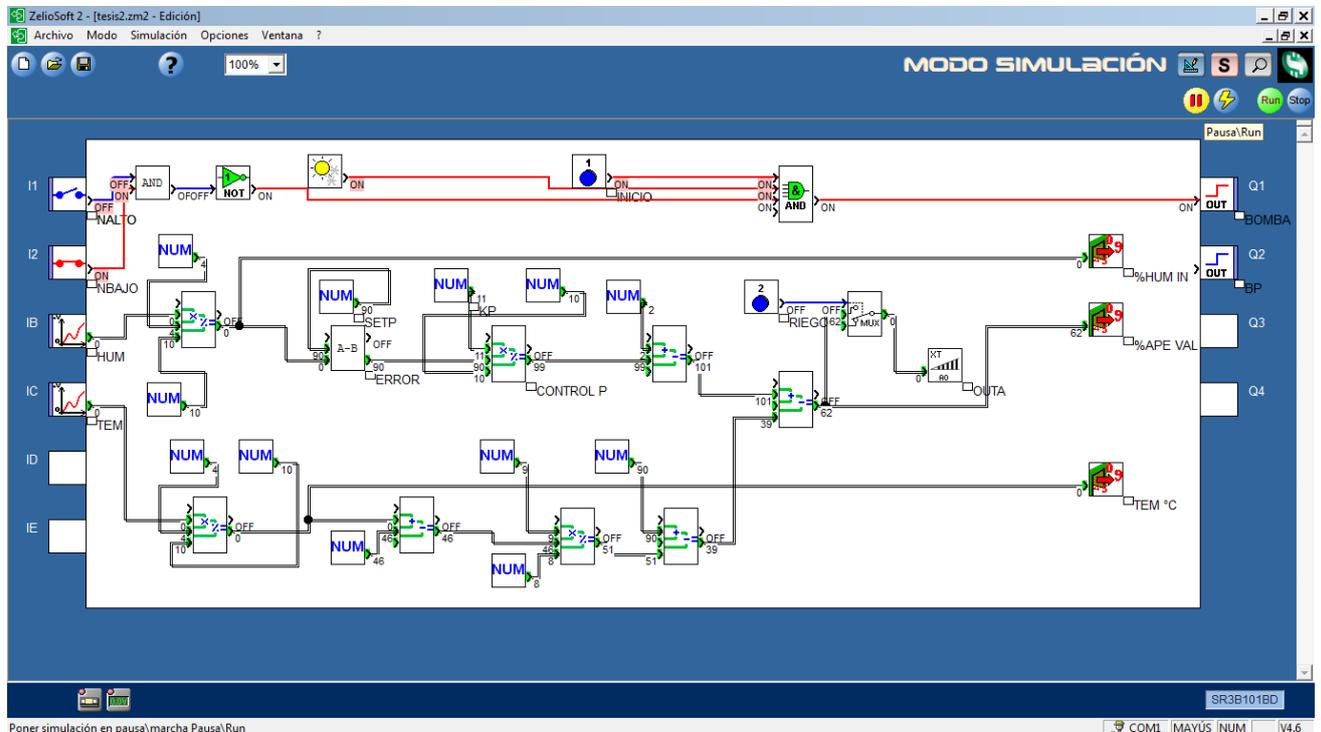


SIMULACION DE CONTROL DE NIVEL DEL ESTANQUE:

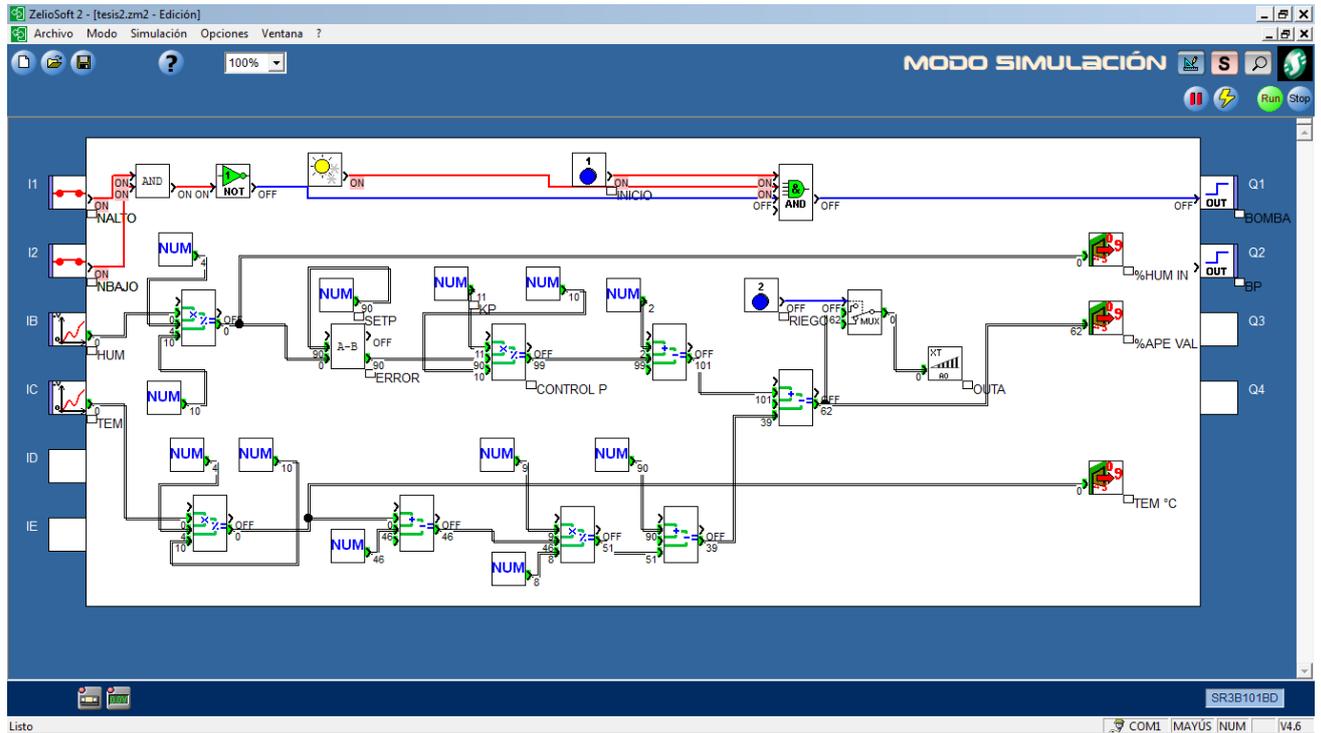
INICIO DEL LLENADO EN EL DIA Y CON EL ESTANQUE VACIO(BOMBA ON)



CUANDO EL AGUA ALCANZO EL NIVEL BAJO DEL ESTANQUE(BOMBA ON)

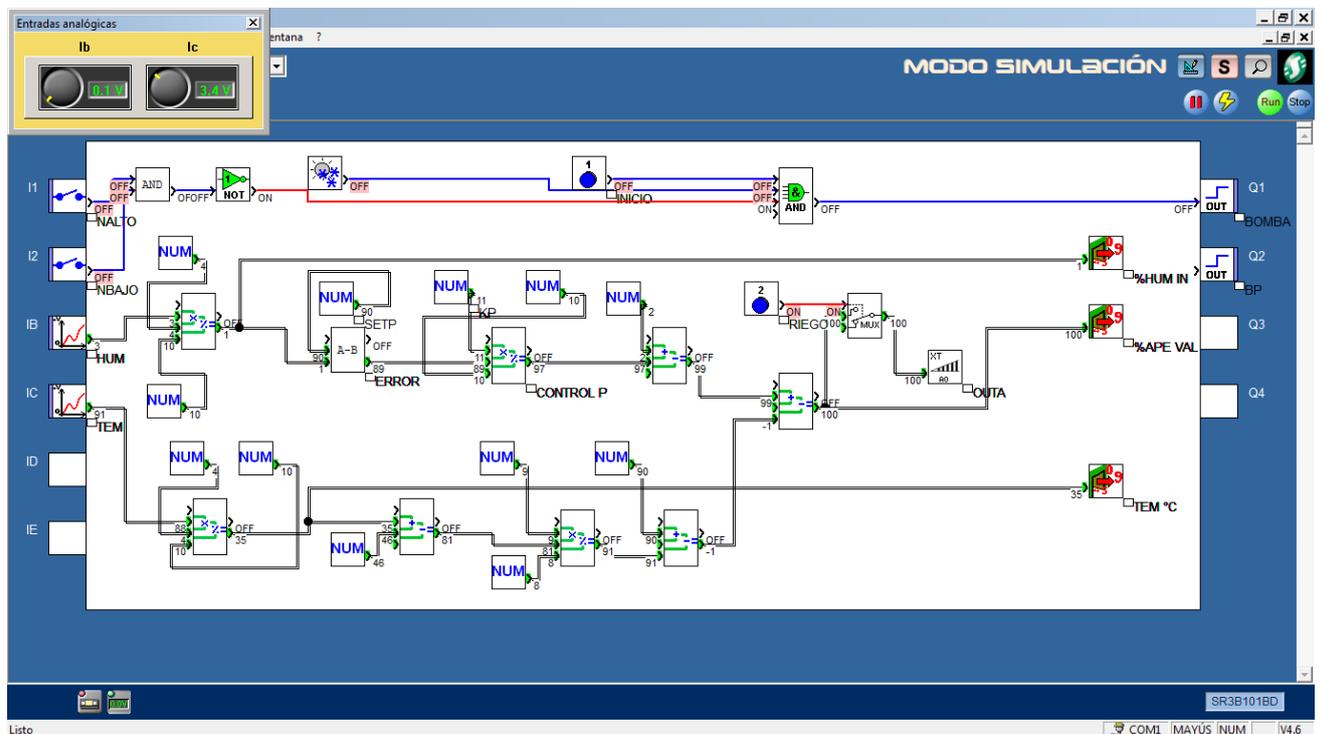


CUANDO EL AGUA ALCANZO EL NIVEL BAJO Y ALTO DEL ESTANQUE(BOMBA OFF)

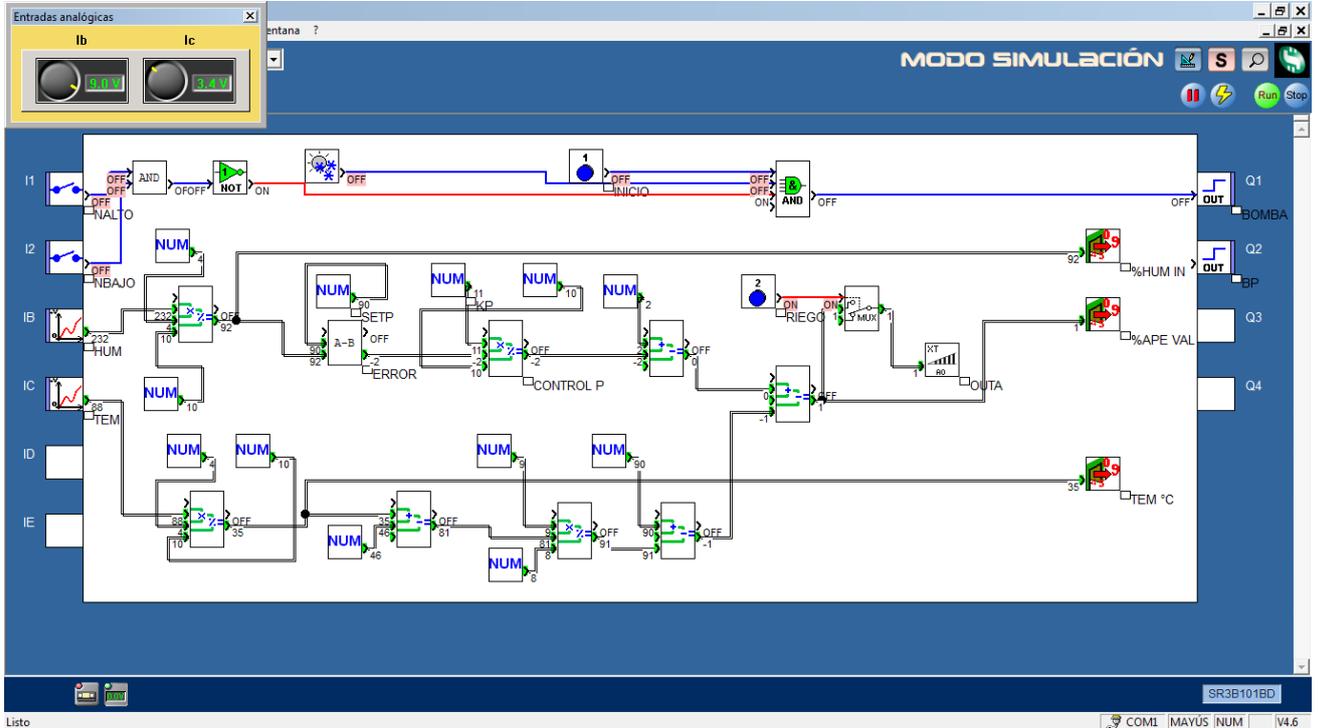


SIMULACION DEL CONTROL FEED FORWARD:

INICIO DE RIEGO: HUMEDAD CERCA A 0%, TEMPERATURA APROXIMADA 35°, APERTURA DE SERVOVALVULA 100%

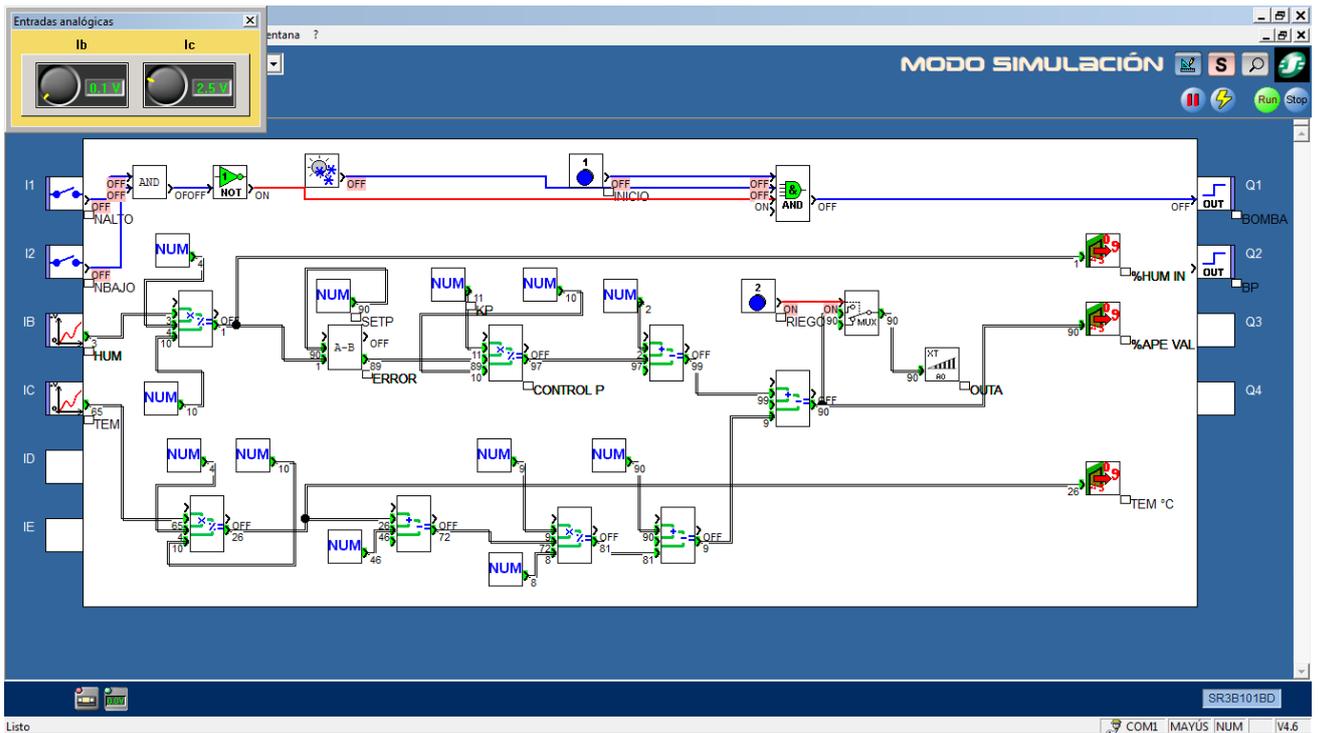


BASADOS EN LOS PARAMETROS ESTABLECIDOS PARA FEED FORWARD DEBE LLEGAR A 90% DE HUMEDAD PARA UNA TEMPERATURA APROXIMADA DE 35°, APERTURA DE SERVOVALVULA DE 0% APROXIMADAMENTE

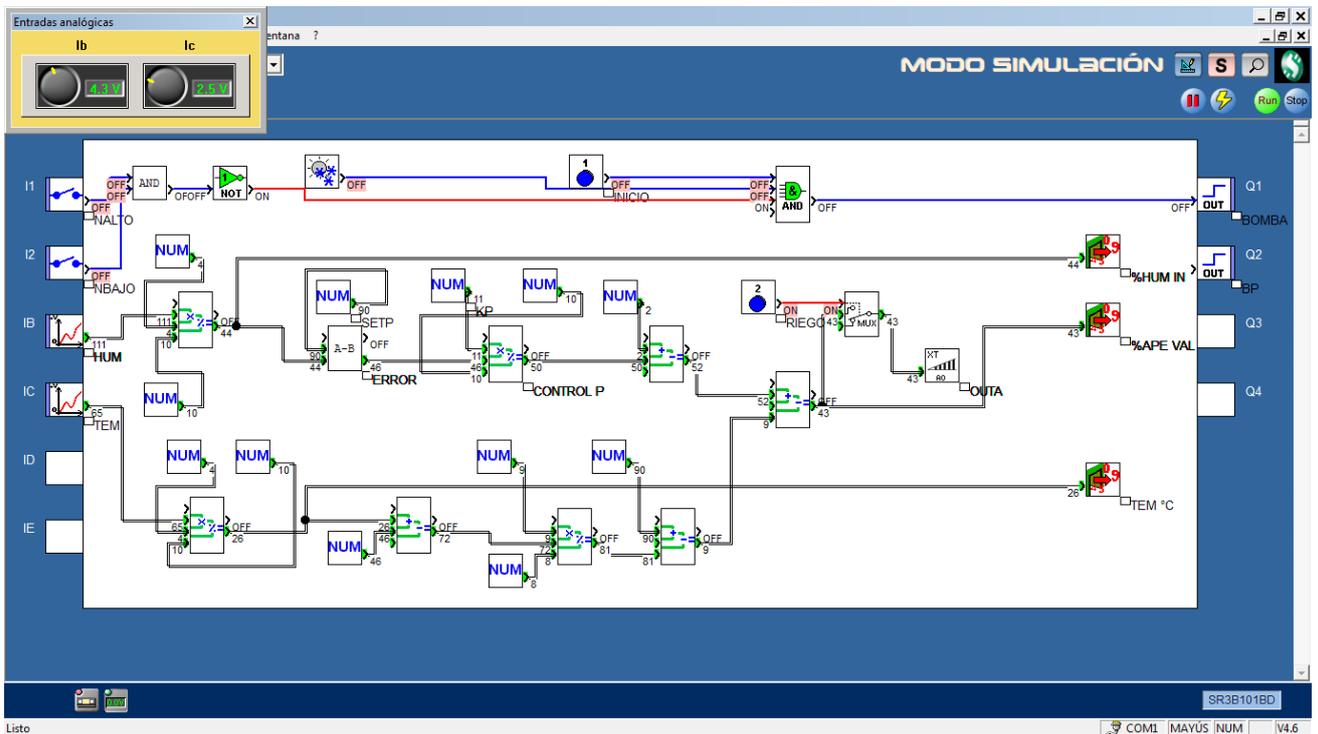


BASADOS EN LOS PARAMETROS ESTABLECIDOS PARA FEED FORWARD DEBE LLEGAR A 80% DE HUMEDAD PARA UNA TEMPERATURA APROXIMADA DE 25°, APERTURA DE SERVOVALVULA DE 0% APROXIMADAMENTE

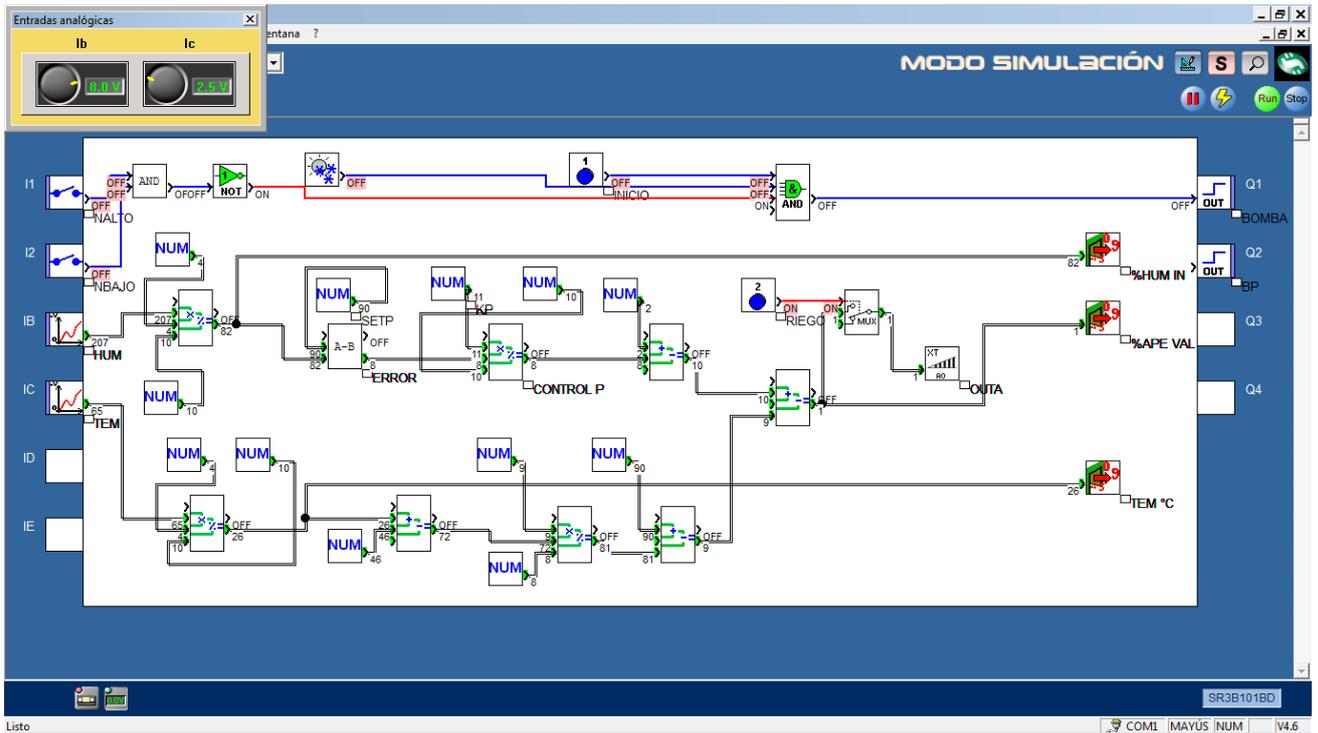
INICIO: PORCENTAJE DE HUMEDAD CERCA A 0%, APERTURA DE SERVOVALVULA 90%



INTERMEDIO: PORCENTAJE DE HUMEDAD CERCA A 44%, APERTURA DE SERVOVALVULA 43%

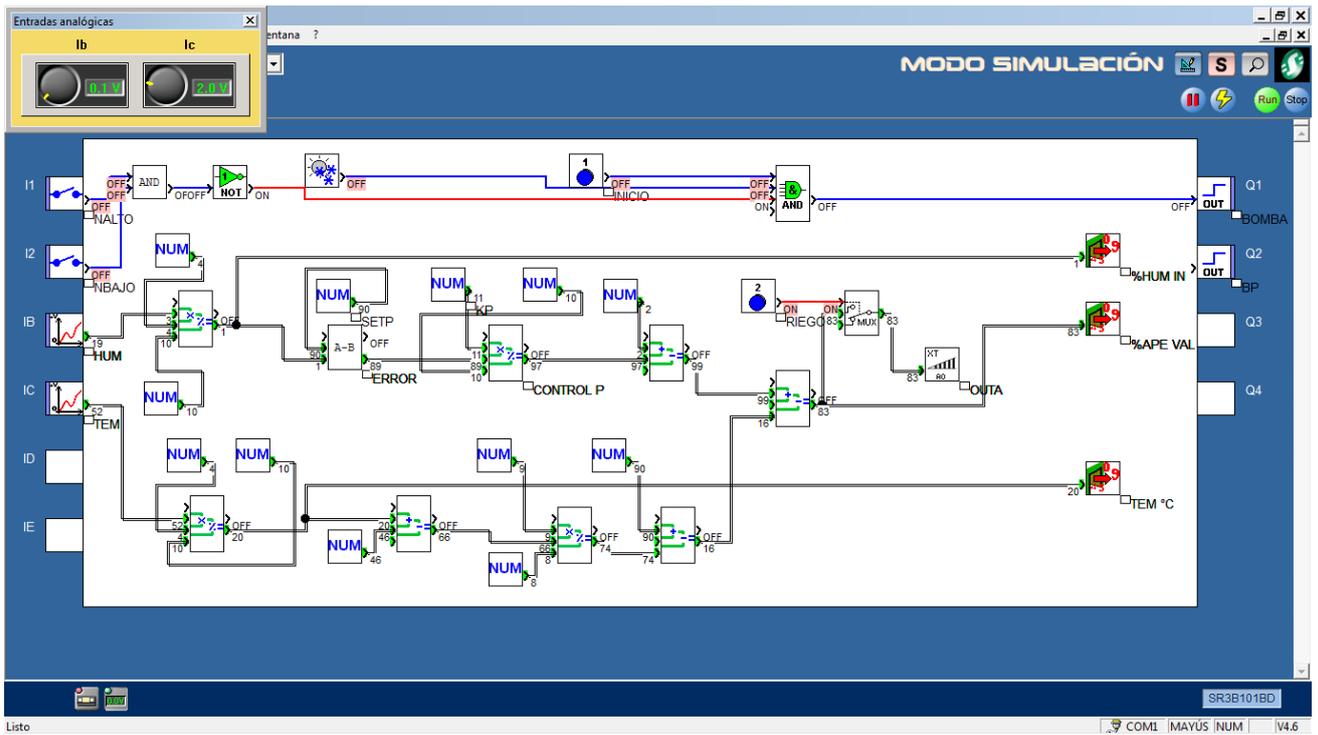


FINAL: PORCENTAJE DE HUMEDAD CERCA A 80%, APERTURA DE SERVOVALVULA 1%

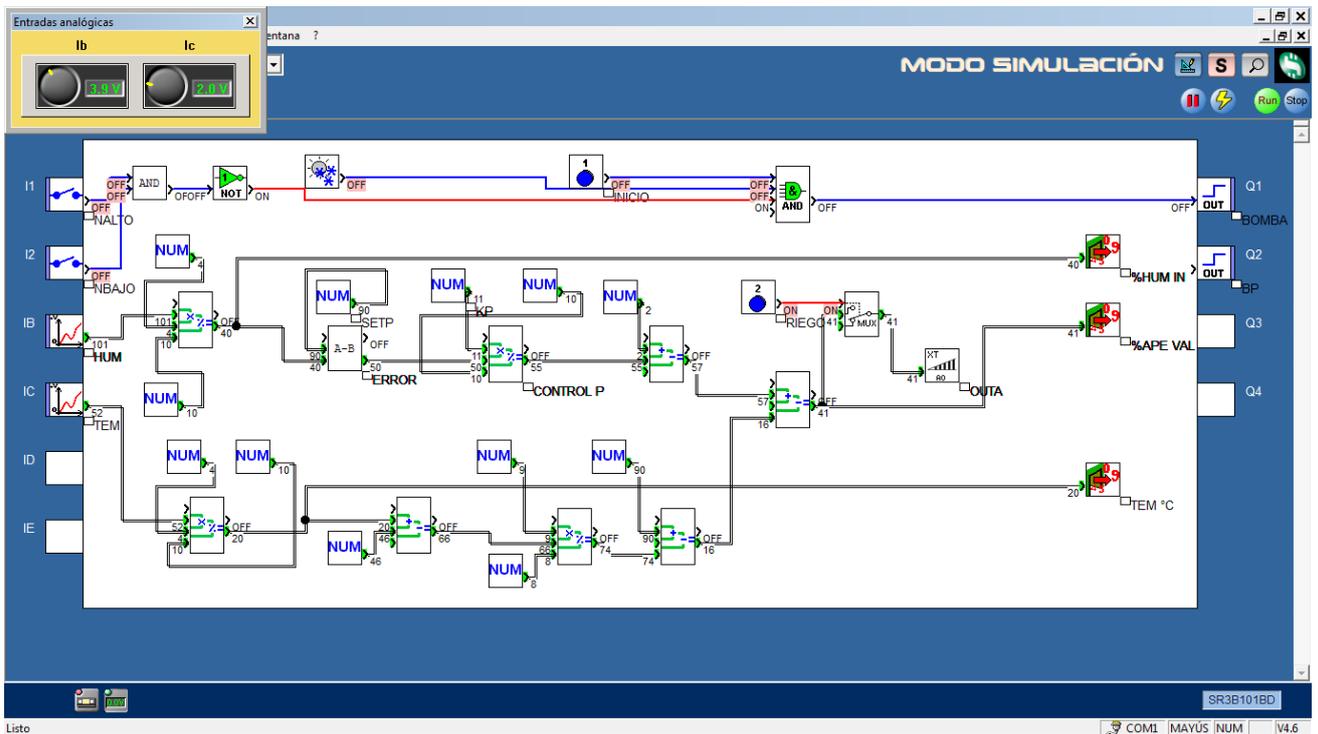


BASADOS EN LOS PARAMETROS ESTABLECIDOS PARA FEED FORWARD DEBE LLEGAR A 75% DE HUMEDAD PARA UNA TEMPERATURA APROXIMADA DE 20°, APERTURA DE SERVOVALVULA DE 0% APROXIMADAMENTE

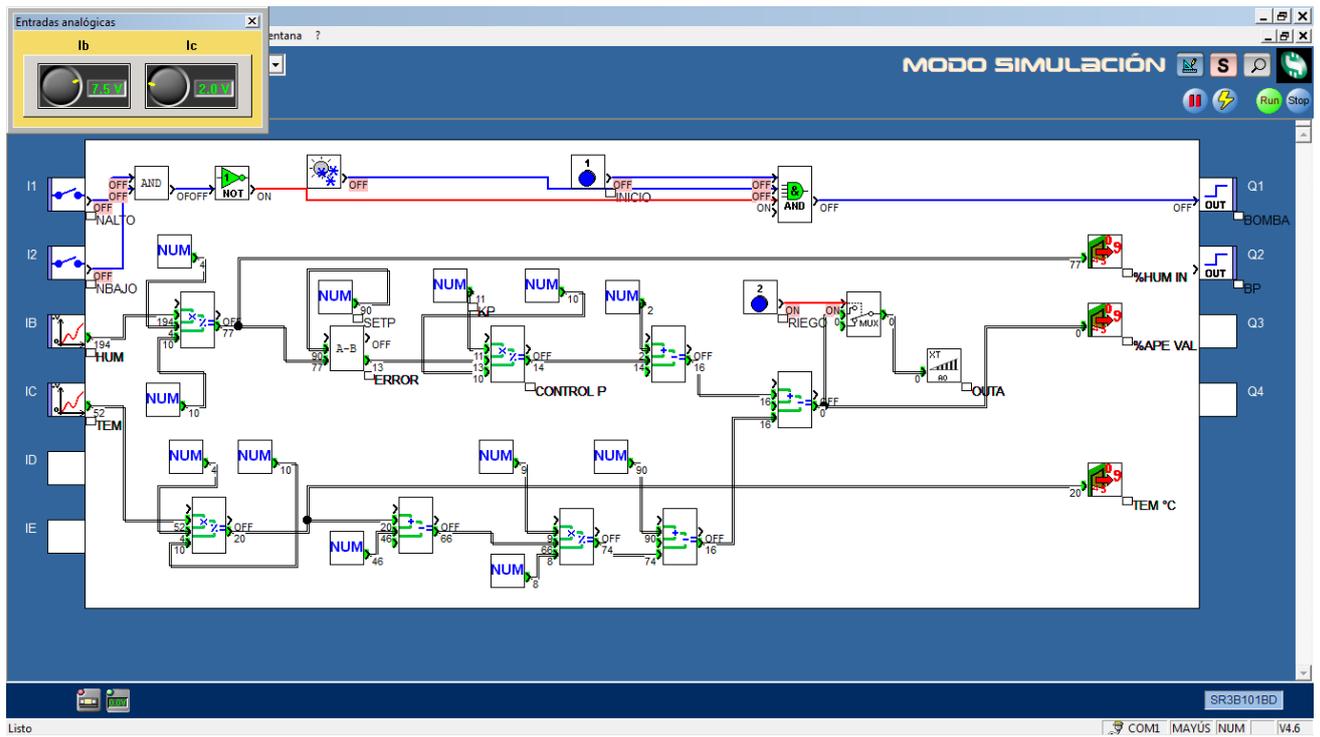
INICIO: PORCENTAJE DE HUMEDAD CERCA A 0%, APERTURA DE SERVOVALVULA 80%



INTERMEDIO: PORCENTAJE DE HUMEDAD CERCA A 40%, APERTURA DE SERVOVALVULA 41%



FINAL: PORCENTAJE DE HUMEDAD CERCA A 76%, APERTURA DE SERVOVALVULA 0%



Capítulo VII

Armado de Maqueta

7.1. Maqueta con el estanque y superficie para el riego



7.2. Superficie metálica aislada para contener la tierra y agua





7.3. Estanque de madera recubierto con geo membrana-lateral



7.4. Estanque de madera recubierto con geo membrana



7.5. Materiales para soldar, estaño, pasta, caufin



7.9. Driver para sensores de nivel de agua para el estanque



7.10. Manguera unido con goteros



7.11. Llave manual, goteros, tapones para manguera



7.12. Conectores tipo L, conector tipo I



7.13. Manguera para riego por goteo



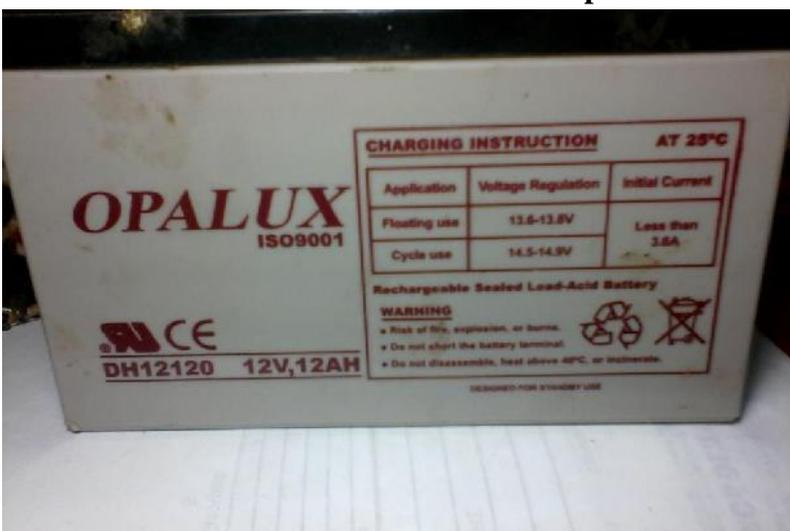
7.14. Geo membrana



7.15. Electroválvula on-off de 220v



7.16. Transformador reductor necesario para la electrobomba



7.17. Batería seca de 12v



7.18. Inversor de 12v a 220v por 500w



7.19. Electrobomba de 100v



7.20. Plc con fuente en funcionamiento



7.21. Plc zelio basic



7.22. Fuente de voltaje 24v



7.23. Cable de programación del plc

Conclusiones:

- Según las pruebas realizadas en la maqueta se obtuvo:
- Un ahorro en agua de entre 10 Y 25 por ciento respecto a un control de lazo cerrado tradicional.
- Que el sistema de control feed forward trabaja mejor en problemas que tienen que ver con el ambiente.
- Dado que el sistema es automático y se pueden configurar los días de irrigación se evitaría el sobre esfuerzo por parte del agricultor.
- El error para corregir la humedad se corrige de la mejor manera cuando se tiene un plc de gama alta que uno de gama baja porque se puede ingresar directamente las formulas.
- El costo final para los equipos utilizados será mayor que el planteado.

Capítulo VIII

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- Karl J Anstron y Torre Hagglun. (2009). Control PID Avanzado. Madrid(España): PEARSON EDUCACIÓN, S.A. 2009.
- Teoría explicación de los métodos de control
- Doug Cooper (speaker), Robert Rice, Jeff Arbogast . (2004). • Control practico de procesos –métodos probados y buenas practicas para el control automático PID. USA: auditorium Rd.
- Megh r. Goyal, Luís e. Rivera Martínez y José v. pagan cresco (2005).Manejo de riego por goteo. capítulo xiii: diseño de sistemas de riego por goteo.
- M.Sc.Ing.Carlos Orbegozo y Ing Roberto Arivilca . (2010). Energía solar fotovoltaica-manual técnico para instalaciones domiciliarias . Green Energy Consultoría y Servicios SRL ©, 1, 45.
- Doug Cooper and Allen Houtz. (2006-2008). controlguru control práctico del proceso de e-libro de texto. 2008, de Copyright © 2008 by Douglas J. Cooper. All Rights Reserved. Sitio web: <http://www.controlguru.com/2008/072008.html>
- <http://kitdeenergiasolar.com/bombas-de-agua-solares-de-riego/>
- [En esta pagina podemos encontrar las bombas a utilizAR una referencia para poder colocar esta electrobomba](#)
- <http://controlguru.com/the-feed-forward-controller/>
- <http://calculationsolar.com/es/calcular.php>
- <http://energiasolarfotovoltaica.blogspot.pe/search/label/Energia%20solar%20fotovoltaica>
- http://www.damiasolar.com/productos/regulador_solar/regulador-de-carga-damia-solar-80a-con-usb_da0192_34
- <http://panelessolares.pe/productosSolares.html>
- https://es.wikipedia.org/wiki/Panel_solar
- https://es.wikipedia.org/wiki/Inversor_fotovoltaico
- <http://www.infoagro.com/hortalizas/yuca.htm>
- https://sites.google.com/site/picuino/feedforward_control
- <http://descom.jmc.utfsm.cl/sgeywitz/sub-paginas/Piping/dimensionado%20de%20bombas.htm>
- Antonio Creus Sole 8va edición (2010): Instrumentación Industrial-Regulación Automática-Control feed Forward
- José Acedo Sánchez (2003): Control Avanzado de Procesos (Teoría y Práctica)-Técnicas de Control Avanzado-control de Adelanto(feed forward)

Elección de los paneles y bomba:

Cálculo aproximado:

Un hp o 750 watts de potencia puede expulsar agua a 30 m sin problemas, para nuestro caso será 2hp que me darán 60m de altura, para evitar que la bomba reduzca su tiempo de vida útil se optara por una superior a 2hp.

Basándose de que en el mercado existe kits de bombeo, se optó por elegir un kit que se adecuara a nuestras necesidades:



(paneles solares)

Este kit de bombeo solar está dimensionado para obtener un flujo de agua de 1000 a 12000 litros a la hora. Según la altura a la que se desee subir el agua, se obtendrá mayor o menor caudal. Esta bomba puede bombear agua hasta los 100 metros de altura.



(pozo de extracción)

Uso directo para riego o bombeo a un depósito:

Se puede utilizar la bomba para un riego directo o para bombear agua hasta un depósito.

La bomba de agua funciona un promedio de 5 a 8 horas al día. Las horas en que los paneles consiguen captar la energía suficiente para hacerla funcionar. Este funcionamiento es automático y dependerá de la radiación solar recibida. También se puede controlar figura 31(Riego por inundación)



este uso mediante un temporizador funcionando a baterías.



(kit de bombeo de agua)

Este kit incluye:

20 x Panel solar fotovoltaico Ecosolar 250W 24V.

1 x Bomba de agua Ecosolar ESP-1300X.

1 x Regulador Ecosolar 1300.

1 x Accesorios (cableado de paneles a regulador, conectores, sensor de nivel de agua, etc).

1 x Instrucciones de montaje.

Caudal de la bomba de agua según la altura:

La bomba de agua de este kit puede ofrecer un flujo de agua de hasta 12000 litros/hora, y subir a alturas de hasta 100 metros. Esta bomba ofrecerá un caudal de litros determinado según la altura a la que se quiera subir el agua:

Rendimiento de la bomba según la altura de uso

Altura de uso (metros):	105	100	90	80	76	70	62	42	3
Flujo de litros / hora:	0	1000	2500	4000	5000	6000	7500	10000	12000

(Cuadro de rendimiento)

El funcionamiento aproximado de la bomba será de 8 horas/día en verano y 5-6 horas/día en invierno. (Conexión 10x2).



(conexión de paneles)

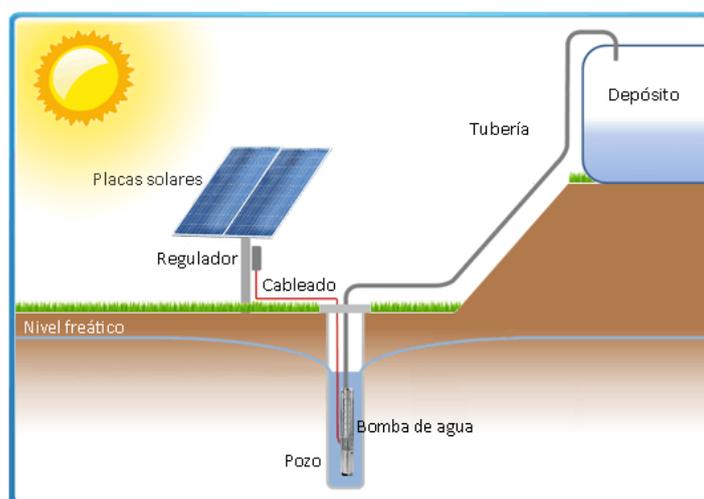
Por el motivo que este kit me permite manejar directamente la bomba a través de un regulador, se tendrán que hacer modificaciones para poder trabajarlo con un banco de baterías y un inversor, para ello solo será necesario cambiar las conexiones entre los paneles de tal manera que todos queden en paralelo sumando en total 24v a 5000wats.

Funcionamiento de una bomba de agua sumergible solar:

La bomba de agua solar funciona directamente con la electricidad que producen las placas solares. No se necesita almacenar energía en baterías, ya que el consumo es instantáneo a cuando se produce.

La bomba funcionará de promedio entre 5 y 8 horas diarias que corresponderán a las horas del día con mayor radiación solar. La bomba se pondrá en marcha cuando la placa solar genere la energía mínima suficiente.

Mediante una tubería se transporta el agua desde el pozo hasta un depósito para su almacenaje o directamente a un campo en caso de querer realizar el riego directo en una plantación.



(funcionamiento de bomba sumergible)

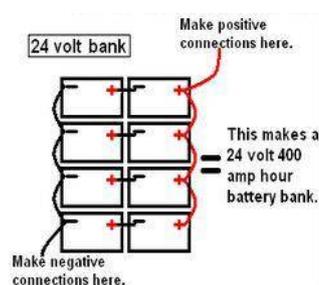
Características de la bomba:

- Altura: max. 100 metros.
- Flujo: max. 12 m³/h (12000 litros/hora).
- Voltaje de entrada: 230V
- Tipo de motor: De imán permanente, sin escobillas. (no necesita mantenimiento)
- Eficiencia: 98%.

- Diámetro mínimo del pozo: 15 cm.
- Potencia nominal del motor: 3000W

Elección de las baterías:

Dado que la potencia de la bomba es de 3000wats el banco de baterías tiene que ser capaz de suministrar más que esta potencia y mantenerlo trabajando en promedio de 5 horas que son un promedio de 15000wats, si una batería de 12v a 175Ah suministra una potencia de $12v \times 175Ah = 2100wats$ por hora en total se utilizaran una cantidad de baterías de $15000wats / 2100wats = 7.14$ que redondeando seria 8 baterías de 12v a 175Ah. Para este banco las baterías tendrán una configuración de 4 baterías serie y 4 conexiones paralelas sumando en total 24v a 700Ah.



(conexión de baterías)

BATERIA SOLAR GEL HAZE 175AH C100



Detalles de construcción:

- Voltaje: 12V.
- Medidas: 483 x 170 x 225 mm.
- Peso: 45 Kg.
- Marca: Haze.
- Tipo de batería: Gel.
- Fabricadas con tecnología hermética VRLA.
- Sin mantenimiento.
- Más de 500 ciclos a 75% D.O.D. Más de 1000 ciclos según IEC 61427.
- Capacidad en C100: 175Ah, en C20: 150Ah y en C10: 137Ah.

- Las placas son gruesas y el material activo gelificado tiene gran densidad para un mejor rendimiento y vida de la batería. El grosor de las placas ofrece una mayor resistencia a la corrosión y que la vida útil de la batería sea mayor.
- Las rejillas positivas y negativas de la batería tienen una capa de aleación de plomo/estaño la cual las protege de la corrosión.
- Dispone de celdas de partición de gran tamaño las cuales proporcionan conexiones de baja resistencia y mínimas pérdidas de energía. Son fabricadas con tecnología alemana en material de duro plástico micro poroso, el cual tiene una buena resistencia a las vibraciones y a los golpes.
- De uso habitual en instalaciones solares fotovoltaicas, instalaciones de señalización marítimos, de ferrocarriles o de carretera. Así como en estaciones repetidoras de radio y telecomunicaciones.
- Tiene una baja resistencia interna lo que favorece una mejor aceptación de la carga que le llegará desde las placas solares.
- Gracias a disponer del electrolito gelificado, tiene una buena tolerancia a altas temperaturas, así como una buena resistencia a la congelación.
- Fabricada en envase VRLA sellado para un mejor transporte y que eliminan la necesidad de mantenimiento y derrame del líquido del interior de las baterías.

Elección del cargador de baterías:

Basándose en la capacidad de corriente de las baterías de 12v a 175Ah se optara por utilizar un cargador por cada batería, sumando un total de 8 cargadores.

Regulador Steca Solarix Pr 3030 30 Ah 12/24v.Con Display Lcd



(regulador de voltaje)

La serie de reguladores de carga Steca PR 10-30 es la más destacada entre los reguladores de carga solar.

Las tecnologías de carga más modernas unidas a la determinación del estado de carga con Steca-AntonIC, que ha sido de nuevo claramente mejorada, forman la unidad perfecta para el cuidado y control de la batería para una potencia de módulo de hasta 900 Wp. Mediante de símbolos, un gran display informa al usuario sobre los estados de funcionamiento. El estado de carga se representa de forma visual como si de indicadores de barra se tratasen. Datos como por ejemplo la tensión, el corriente y el estado de carga se pueden visualizar también en el display con números de forma digital. Además, el regulador dispone de un contador de energía que el usuario mismo puede resetear.

Características del producto

Regulador híbrido

Determinación del estado de carga con Steca AtonIC (SOC)

Selección automática de tensión

Regulación MAP

Tecnología de carga escalonada

Desconexión de carga en función de SOC

Reconexión automática del consumidor

Compensación de temperatura

Toma de tierra en uno o varios terminales positivos o sólo en uno de los terminales negativos

Registrador de datos integrado

Función de luz nocturna

Función de autocontrol

Carga mensual de mantenimiento

Funciones de protección electrónica

Protección contra sobrecarga

Protección contra descarga total

Protección contra polaridad inversa de los módulos, la carga y la batería

Fusible electrónico automático

Protección contra cortocircuito de la carga y los módulos solares

Protección contra sobretensión en la entrada del módulo

Protección contra circuito abierto sin batería

Protección contra corriente inversa por la noche

Protección contra sobre temperatura y sobrecarga

Desconexión por sobretensión en la batería.

Indicaciones

Display LCD gráfico

- para parámetros de funcionamiento, avisos de fallo, autocontrol

Manejo

Fácil manejo con menús

Programación por medio de botones

Conmutación manual de carga

Opciones

Interfaz de prepago

Sensor de temperatura externo

Contacto de alarma

Elección del inversor de voltaje:

Conociendo el consumo de la bomba sumergible de 3000wats y la tensión de trabajo de 230v ac se consideró un inversor con una potencia superior a la de la bomba para evitar el daño por sobrecarga, y tomando en cuenta la tensión del banco de baterías de 24v se buscó un inversor con parámetros de 24v dc de entrada y de salida 230v-240v ac con una potencia mayor a 3000wats.

Inversor de onda pura Victron phoenix 5000w (24V)



(Inversor de DC-AC)

Tecnología sinusmax:

Tecnología de onda pura optimizada para conseguir el máximo rendimiento ante cualquier tipo de aparato eléctrico. Utiliza tecnología híbrida de alta frecuencia resultando un inversor de altas prestaciones.

Potencia de arranque adicional:

Dispone de una potencia de arranque superior a la normal, perfecta para uso de electrodomésticos que necesitan una potencia de salida muy alta para arrancar. Recomendado para uso de frigoríficos, compresores y motores eléctricos.

Conexión entre inversores

Los modelos Victron Phoenix 1600, 2000, 3000 y 5000 tienen la opción de conexión en paralelo. Se pueden conectar entre si hasta 6 unidades multiplicando la potencia nominal del inversor. También es posible su configuración para funcionamiento trifásico.

Características:

- Diagnóstico led.
- Interruptor on/off Remoto.
- Funcionamiento en paralelo y en trifásico: Sí.
- Conversión del voltaje: de 24V a 230V.
- Rango de tensión de entrada: 24 - 66 V
- Potencia en voltios amperios: 5000 VA.
- Potencia en vatios: 4500W.
- Pico de potencia: 10000W.
- Eficiencia del inversor: 95%
- Autoconsumo en vacío: 25W.
- Toma de corriente: Shucko estandard.
- Protección por cortocircuito de salida.
- Protección por sobrecarga.
- Sistema de desconexión por tensión de la batería demasiado baja.
- Sistema de desconexión por tensión de la batería demasiado alta.
- Peso: 30 Kg.
- Dimensiones: 444 x 328 x 240 mm.