



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

# **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE RIEGO INTELIGENTE PARA INCREMENTAR EL RENDIMIENTO EN LOS CULTIVOS BASADO EN ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA”**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN ELECTROMECAÁNICA**

**AUTORES: MONTALUISA TORRES, THALIA LIZBETH  
VARGAS TOCA, FELIX GABRIEL**

**DIRECTOR: ING. ORTIZ VILLALBA, DIEGO EDMUNDO**



# AGENDA

- MOTIVACIÓN
- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA
- OBJETIVOS
- DISEÑO DEL SISTEMA (AGRONÓMICO, HIDRÁULICO, FOTOVOLTAICO, SISTEMA DE CONTROL)
- ANÁLISIS DE RESULTADO
- CONCLUSIONES
- RECOMENDACIONES
- BIBLIOGRAFÍA



Antecedentes

Objetivos

Metodología

Diseño

Análisis de resultados

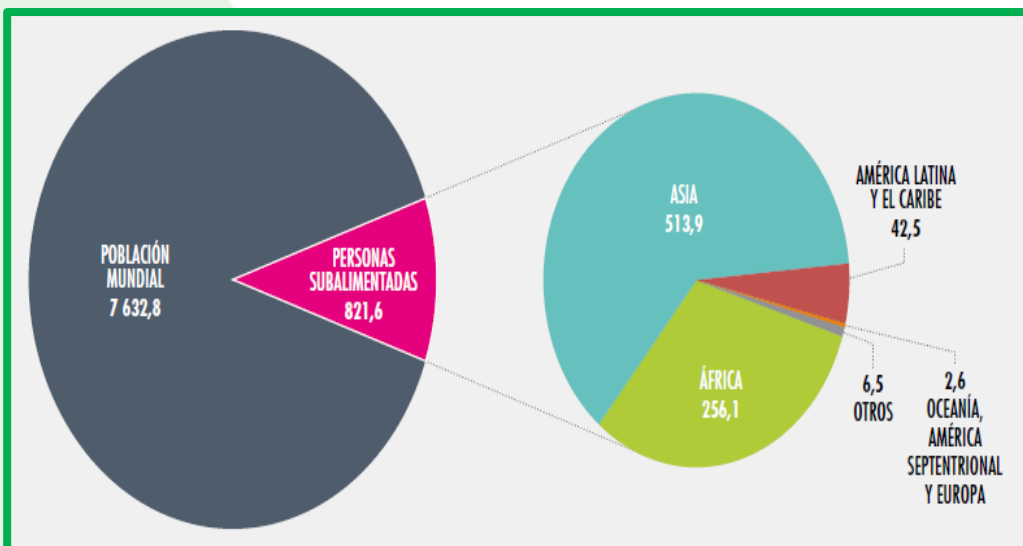
Conclusiones

Recomendaciones

# Motivación

El número estimado de personas desnutridas pasó de 804 millones en 2016 a 821 millones en 2021

En 2013 la superficie de uso agrario en Ecuador fue de 7,32 millones de hectáreas, mientras en 2018 fue de 5,28 millones.



Entre 2006 y 2016 la sequía causó el 30% de las pérdidas de cultivo

El cambio climático afecta el rendimiento de los cultivos, y en aspectos ecológicos y sociales



# Justificación e Importancia

Antecedentes

Objetivos

Metodología

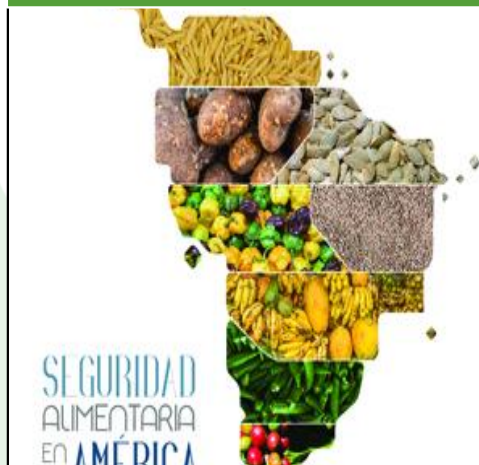
Diseño

Análisis de resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Es necesario producir un 60% por encima de los niveles de 2006



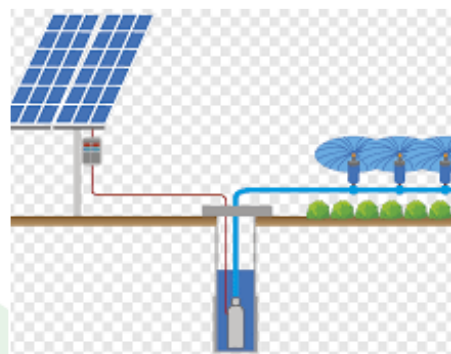
Ecuador tiene 30 y 44% de rendimiento en producción, por debajo en comparación con Colombia y Perú

Un sistema de riego, inteligente es capaz de mejorar el rendimiento de un cultivo?



El 32,56 % de la superficie que podría ser regada, cuenta con riego.

Propuesta



Sistema de riego inteligente basado en energía solar



Antecedentes

Objetivos

Metodología

Diseño

Análisis de  
resultados

Conclusiones

Recomendaciones

# Objetivos

Diseñar e implementar un sistema de riego inteligente para incrementar el rendimiento en los cultivos basado en energía solar fotovoltaica

Obtener una metodología que permita el diseño de sistemas tecnológicos para mejorar el rendimiento de diferentes cultivos.

Diseñar e implementar un sistema de bombeo solar fotovoltaico.

Diseñar e implementar un sistema de control para riego óptimo del cultivo.

Analizar el rendimiento del cultivo después de la intervención.



# Metodología

Antecedentes

Objetivos

Metodología

Diseño

Análisis de resultados

Conclusiones

Recomendaciones





## Estudio del suelo / cultivo

## Diseño Tecnológico

## Ejecución

## Seguimiento /evaluación

Antecedentes

Objetivos

Metodología

Diseño

Análisis de resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Cultivo: Alfalfa

Parcela de 1173  $m^2$  localizada en la parroquia urbana Ignacio Flores

Aplicación del recurso hídrico en verano se realiza con una bomba de caudal de 5HP y un sistema de riego por aspersión



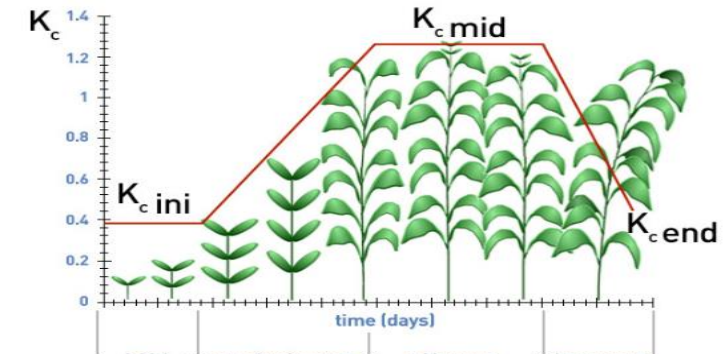
No cuenta con suministro de energía eléctrica, pero si cuenta con abundante agua de vertientes naturales



# REQUERIMIENTOS HÍDRICOS

# Diseño Agronómico

Cultivo	Alfalfa	Fases	días	Z(mm)	umbral	0,3
		inicial	5	100	cc(m3/m3)	0,09
		Desarrollo	10	275	Da(gr/cm3)	1,3
		Intermedio	10	800	Pmp(m3/m3)	0,04
		final	5	800	Efic. Riego(%)	0,75
					Área de Riego (m2)	1173
Kc:						
inicial	0,4					
Desarrollo	1,05					
Intermedio	1,2					
final	1,15	total	30			



Antecedentes

Objetivos

Metodología

Diseño

Análisis de resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Cultivo	Inic. (L <sub>in</sub> )	Des. (L <sub>des</sub> )	Med. (L <sub>med</sub> )	Final (L <sub>fin</sub> )	Total	Fecha de Siembra	Región
Sorgo	20	35	40	30	125	Mayo/Jun. Mar/Abril	EU, Pakistán., Med. Región Árida
Arroz	30	30	60	30	150	Dic; Mayo Mayo	Trópicos; Mediterráneo Trópicos
<b>j. Forrajes</b>							
Alfalfa, temporada completa <sup>4</sup>	10	30	varía	varía	varía		último -4°C (primavera) hasta primer -4°C (otoño)
Alfalfa <sup>4</sup> 1er ciclo de corte	10	20	20	10	60	Enero Abril (último -4°C)	Calif., EU. Idaho, EU.
Alfalfa <sup>4</sup> , otros ciclos de corte	5	10	10	5	30	Marzo Junio	Calif., EU. Idaho, EU.

ETo Penman-Monteith Mensual - C:\ProgramData\CROPWAT\data\climate\Estación RUMIPA...

País: ECUADOR Estación: RUMIPAMBA

Altitud: 2680 m. Latitud: 1.00 °S Longitud: 78.00 °W

Mes	Temp Min °C	Temp Max °C	Humedad %	Viento km/día	Insolación horas	Rad MJ/m²/día	ETo mm/día
Enero	9.9	21.6	75	103	8.0	21.3	3.80
Febrero	10.2	20.2	80	79	6.9	20.2	3.56
Marzo	9.9	20.3	78	108	7.2	20.8	3.67
Abril	9.3	20.3	76	142	7.5	20.6	3.63
Mayo	10.2	19.9	79	110	6.7	18.2	3.20
Junio	9.0	19.2	76	175	7.0	18.0	3.18
Julio	8.3	18.1	77	192	6.7	17.8	3.06
Agosto	8.0	19.4	76	175	7.7	20.3	3.48
Septiembre	7.7	20.1	73	178	8.4	22.3	3.88
Octubre	9.0	21.0	75	149	8.1	22.0	3.88
Noviembre	9.0	22.7	69	120	9.1	23.0	4.18
Diciembre	9.6	21.3	75	134	8.0	21.0	3.75
Promedio	9.2	20.3	76	139	7.6	20.5	3.61





Antecedentes

Objetivos

Metodología

Diseño

Análisis de resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Precipitación mensual - C:\ProgramData\CROPWAT\data\rain\Estacion Rumipamb...

Estación: RUMIPAMBA Método Prec. Ef: Método USDA S.C.

	Precipit.	Prec. efec
	mm	mm
Enero	9.6	9.5
Febrero	98.8	83.2
Marzo	36.3	34.2
Abril	44.0	40.9
Mayo	69.1	61.5
Junio	4.8	4.8
Julio	14.0	13.7
Agosto	14.9	14.5
Septiembre	6.6	6.5
Octubre	34.4	32.5
Noviembre	33.0	31.3
Diciembre	27.1	25.9
<b>Total</b>	<b>392.6</b>	<b>358.4</b>

# Diseño Agronómico

## CALENDARIO DE RIEGO

Mes	Volumen de Riego	Tiempo de Riego
	2,9	0,35
	8,2	0,95
Junio	24,2	4,16
	24,2	4,16



X cel WOBBLER	PRESIONES DE TRABAJO (PSI)			
	10	15	20	25
<b>Boquilla 6 (Gold) R/M 1/2"</b>				
Caudal (GPM)	0.78	0.95	1.10	1.23
Diámetro a 0.50 m	11.13	12.50	13.72	14.02
<b>Boquilla 7 (Lima) R/M 1/2"</b>				
Caudal (GPM)	1.06	1.3	1.5	1.68
Diámetro a 0.50 m	12.19	14.17	14.32	15.40
<b>Boquilla 10 (Turquesa) R/M 1/2" y 3/4"</b>				
Caudal (GPM)	2.22	2.72	3.14	3.51
Diámetro a 0.50 m	13.56	14.94	15.40	16.30

Selección del aspersor

Características del aspersor

Nombre: X cel Wobbler (Gold) R/M 1/2 "

Boquilla N°: 6

Q asp: 1,1 GPM

P asp: 20 PSI

Elat: 10 m

Easp: 10 m

PMS= 2,5

Superficie Intervenido m2= 1173 m2

Elat\*Easp= 100 m2

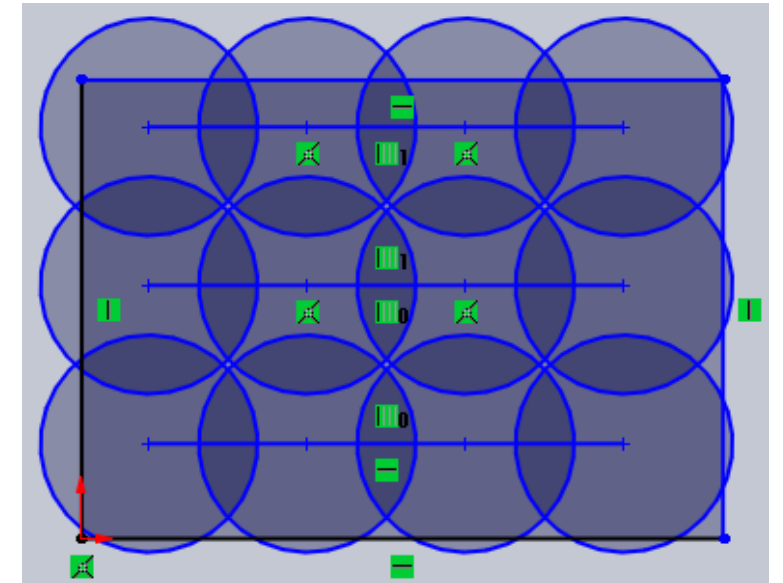
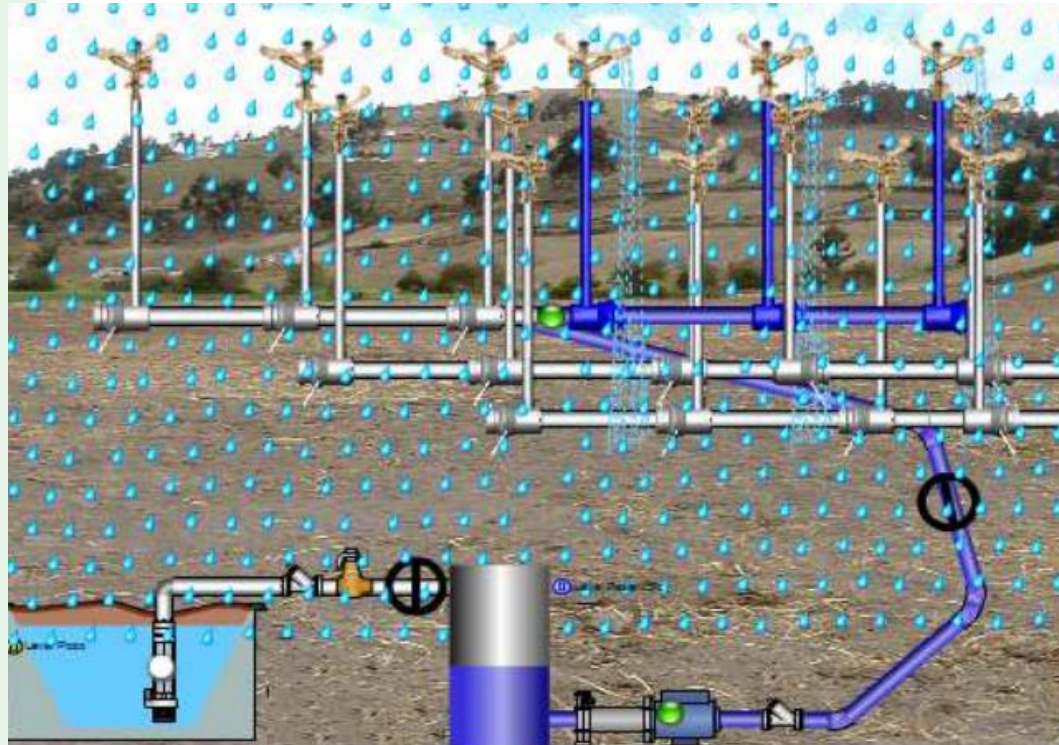
N° de aspersores= 12

Q asp T= 13 GPM

P asp T= 235 PSI



# Diseño Hidráulico



- Antecedentes
- Objetivos
- Metodología
- Diseño
- Análisis de resultados
- Conclusiones
- Recomendaciones

$$Q = V * A$$

$$D = \sqrt{\frac{4 * Q}{\pi * V}}$$

Tipo de Servicio	Rango recomendado de velocidad	
	pie/s	m/s
Líneas de succión	2 - 4	0.6 - 1.2
Líneas de retorno	4 - 13	1.5 - 4
Líneas de descarga	7 - 18	2 - 5.5



# Diseño Hidráulico

Carga Dinámica Total

$$CDT = H_s + H_f + h_f + H_o + H_e$$

$$f = f\left(R_e, \frac{\epsilon}{D}\right)$$

Antecedentes

Objetivos

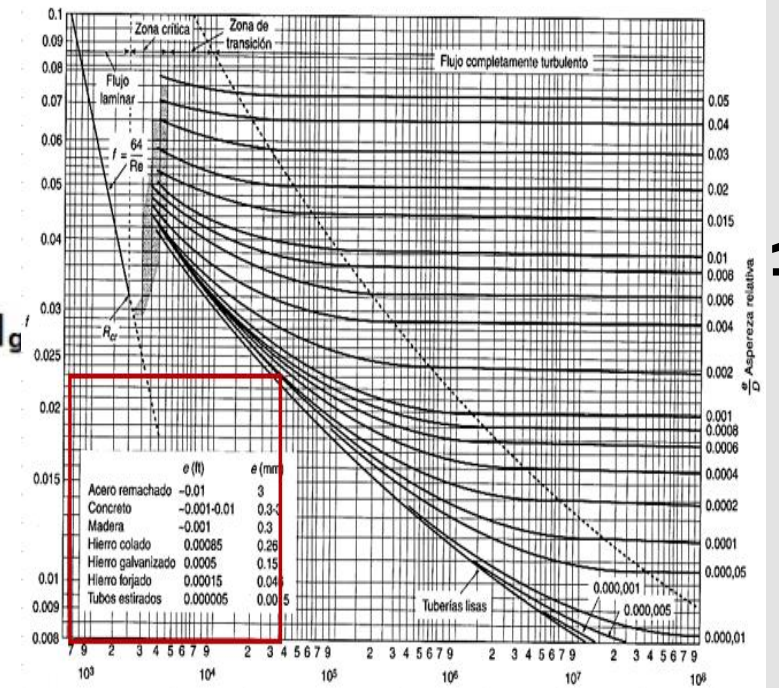
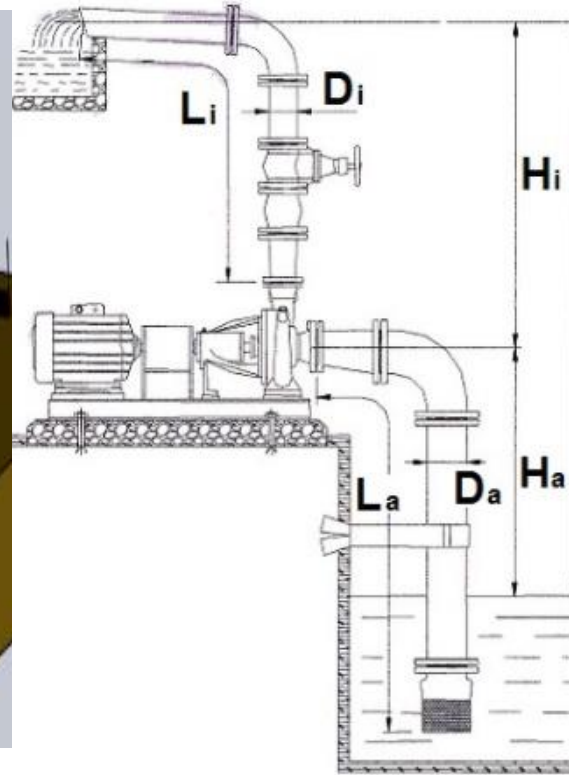
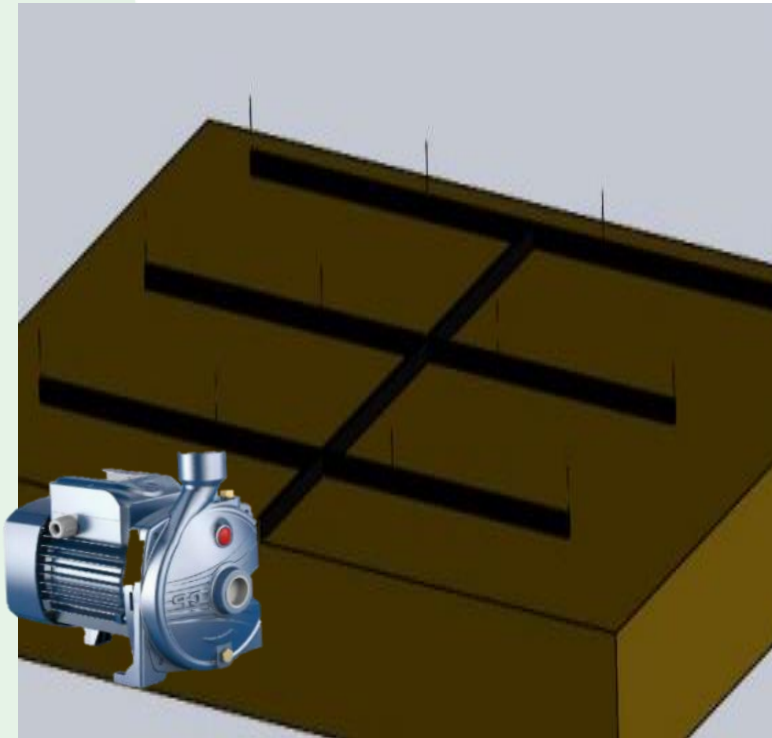
Metodología

Diseño

Análisis de resultados

Conclusiones

Recomendaciones



- Datos elaborados por los autores



Estudio del suelo

Diseño Tecnológico

Ejecución

Seguimiento /evaluación

# Diseño Hidráulico



Antecedentes

Objetivos

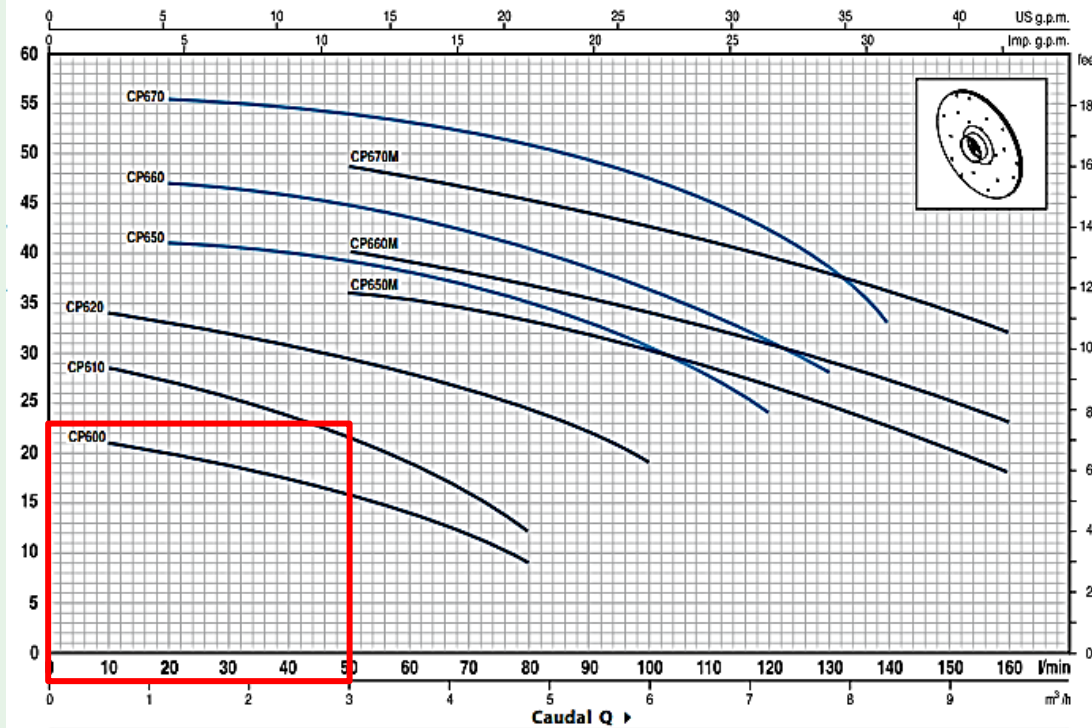
Metodología

Diseño

Análisis de resultados

Conclusiones

Recomendaciones



- Curvas de prestaciones de bombas Pedrollo



# Diseño Fotovoltaico

Radiación Solar en Ecuador

Antecedentes

Objetivos

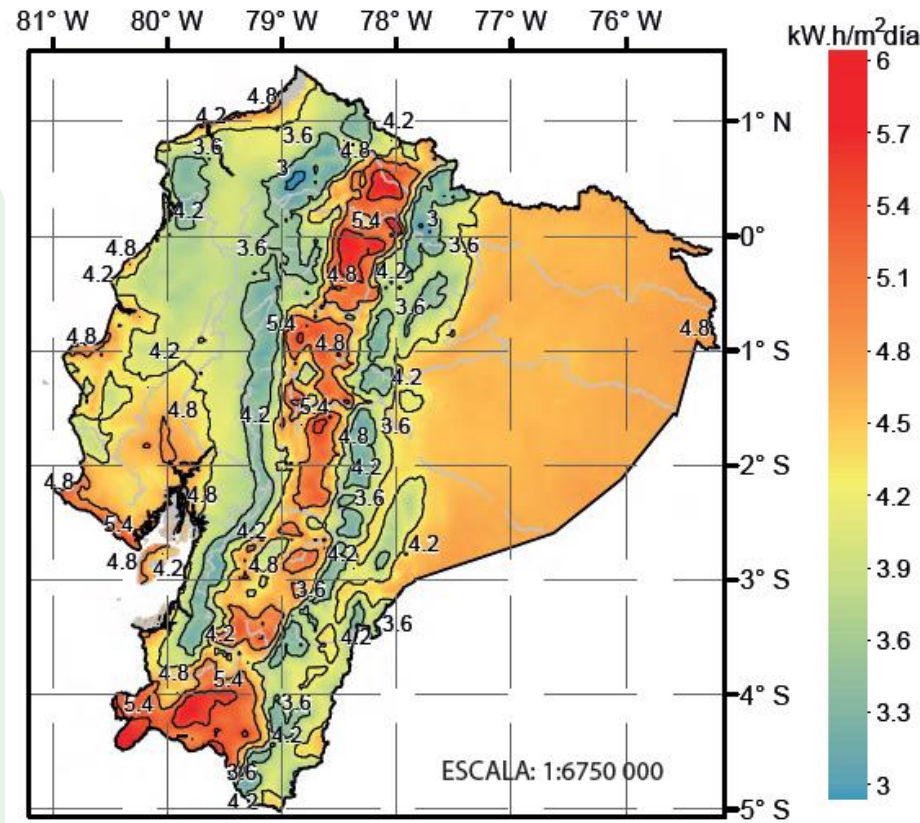
Metodología

Diseño

Análisis de resultados

Conclusiones

Recomendaciones



El mapa de irradiación global horizontal anual muestra que aproximadamente el 75% del territorio ecuatoriano tiene niveles por encima de  $3,8 \frac{Kwh}{m^2} día$

- Tomado del atlas solar 2019 (Vaca & López, 2019)

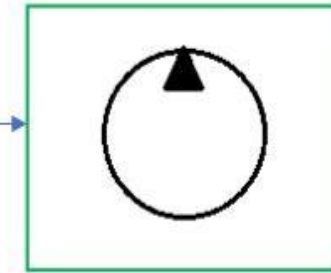


Sistema de Generación Híbrido

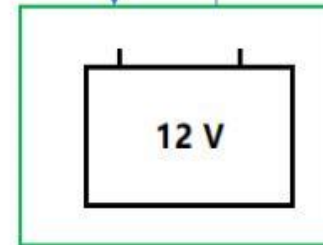
Generador Fotovoltaico



Inversor y controlador de carga bidireccional



Bomba 1 hp



Sistema de almacenamiento

# Diseño Fotovoltaico

Antecedentes

Objetivos

Metodología

Diseño

Análisis de resultados

Conclusiones

Recomendaciones



# Diseño Fotovoltaico

Antecedentes

Objetivos

Metodología

Diseño

Análisis de resultados

Conclusiones

Recomendaciones



EQUIPO	POTENCIA (W)	TIEMPO CONSUMO (h)	CONSUMO MO DIÁRIO(Wh)
BOMBA	750	4	3000
PLC	11	24	264
MODULO I/O	11	24	264
FUENTE 24 V	48	24	1152
P. TOTAL	820	Energía T (Wh/día)	4680

$$P_{total\_instalada} = 820 w$$

$$P_{panel} = 365 w$$

**Número de paneles**

$$N_{panel} = P_{total\_instalada} / P_{panel}$$

$$N_{panel} = 820 w / 365 w$$

$$N_{panel} = 2,24$$

$$N_{panel} = 3$$



# Diseño Fotovoltaico

$$\text{Área}_{m^2} = \text{Número total de paneles} * \text{Ancho}_{\text{panel}(m)} * \text{Largo}_{\text{panel}(m)}$$

$$\text{Área}_{m^2} = 3 * 0,992(m) * 1,956(m)$$

$$\text{Área}_{m^2} = 5,83 m$$

$$\text{Irradiancia}_{9h}: 553 w/m^2$$

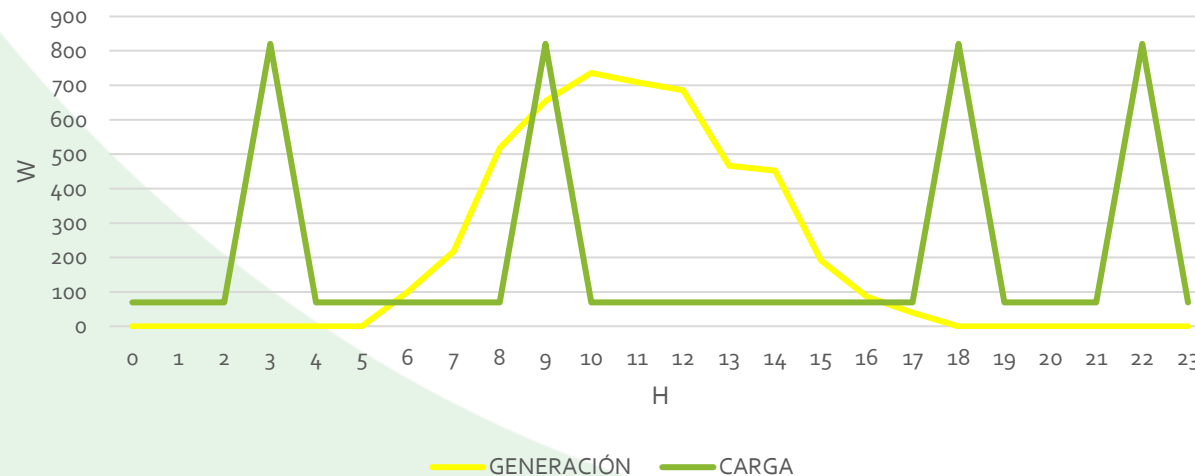
Eficiencia de la planta: 96%

$$E = \text{Irradiancia} \left(\frac{W}{m^2}\right) * \text{Eficiencia panel} * \text{Eficiencia planta} * \text{Área}(m^2)$$

$$E = 553 \left(\frac{W}{m^2}\right) * 18,81\% * 96\% * 5,83(m^2)$$

$$E = 581 w$$

13 JUNIO 2015



● GENERACIÓN  
● DEMANDA

- Antecedentes
- Objetivos
- Metodología
- Diseño
- Análisis de resultados
- Conclusiones
- Recomendaciones





# Diseño Fotovoltaico

Sistema de almacenamiento de energía:



EQUIPO	POTENCIA (W)	TIEMPO CONSUMO (h)	CONSUMO DIÁRIO(Wh)
BOMBA	750	4	3000
PLC	11	24	264
MODULO I/O	11	24	264
FUENTE 24 V	48	24	1152
P. TOTAL	820	Energía T (Wh/día)	4680

$$C_{bat}(A - H) = \frac{\text{Consumo} \left( \frac{Wh}{\text{día}} \right) * \text{Autonomía}(\text{día})}{\text{Profundidad}_{\text{Descarga}} * \text{Voltaje}_{\text{Bateria}}}$$

$$C_{bat}(A - H)_{\text{Bomba}} = \frac{3000 \left( \frac{Wh}{\text{día}} \right) * 0,16(\text{día})}{0,7 * 24}$$

$$C_{bat}(A - H)_{\text{Bomba}} = 28,57 A - h$$

$$C_{bat}(A - H)_{\text{sistema control}} = 60 a-h$$

$$C_{bat}(A - H)_{\text{total}} = 88 a-h$$



Antecedentes

Objetivos

Metodología

DiseñoAnálisis de  
resultados

Conclusiones

Recomendaciones

# Diseño Fotovoltaico

Inversor y regulador de carga:

Salida de onda senoidal pura  
Prioridad de alimentación programable  
Corriente de carga ajustable por el usuario



$$\text{capacidad Instalada} = \frac{E \text{ dia}(Kwh)}{\text{Factor}_{\text{planta}} * 24h}$$

$$P_{inv} = 1.5 * \text{Capacidad Instalada}$$

$$\text{capacidad Instalada} = 0.97 \text{ kW}$$

$$P_{inv} = 1.46 \text{ kW}$$



# Sistema de control

## Sistemas Inteligentes:

### INTELIGENCIA ARTIFICIAL

INTELIGENCIA: Grado en que un individuo puede resolver un problema

ARTIFICIAL: Falso o no natural

Es la inteligencia llevada a cabo por máquinas o sistemas.

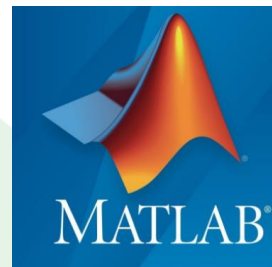
### TÉCNICAS INTELIGENTES:

Análisis de un razonamiento:

- Robótica
- Redes Neuronales
- Lógica Difusa
- Algoritmos Genéticos

La lógica difusa forma parte de los controladores inteligentes, permite trabajar con información imprecisa, el uso de lógica difusa en sistemas de riego permite evaluar diferentes parámetros climáticos con el fin de decidir la cantidad de agua que se puede suministrar a un cultivo (Fierro, 2019).

Lógica Difusa



LÓGICA DE CONTROL

UNIDAD DE CONTROL

Antecedentes

Objetivos

Metodología

Diseño

Análisis de resultados

Conclusiones

Recomendaciones



Estudio del suelo

Diseño Tecnológico

Ejecución

Seguimiento /evaluación

# Sistema de control

## SENSORES



EVOTRANSPIRACIÓN



TEMPERATURA

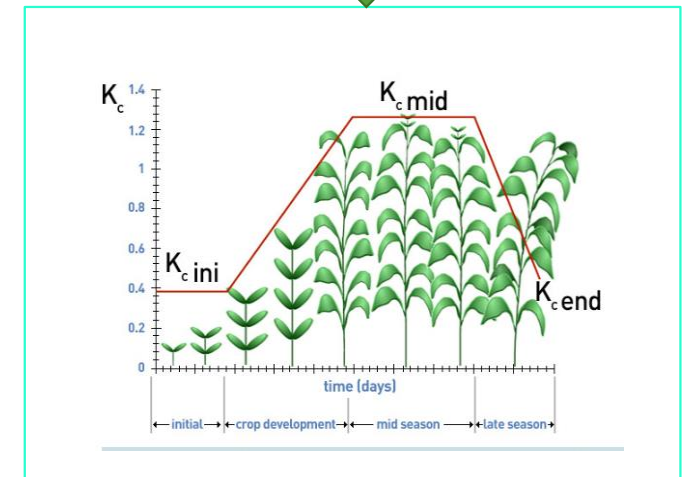


HÚMEDAD

## ACTUADOR



BOMBA



ETAPA CULTIVO

Antecedentes

Objetivos

Metodología

Diseño

Análisis de resultados

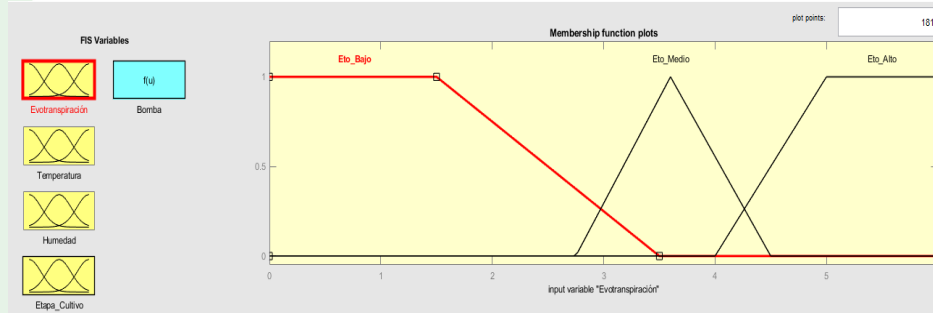
Conclusiones

Recomendaciones

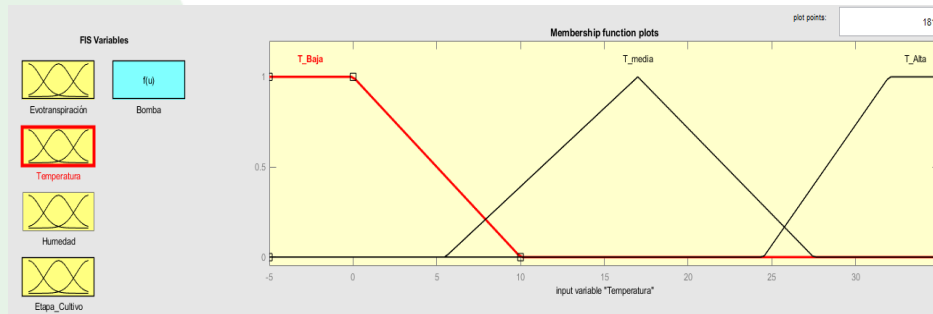


# Sistema de control

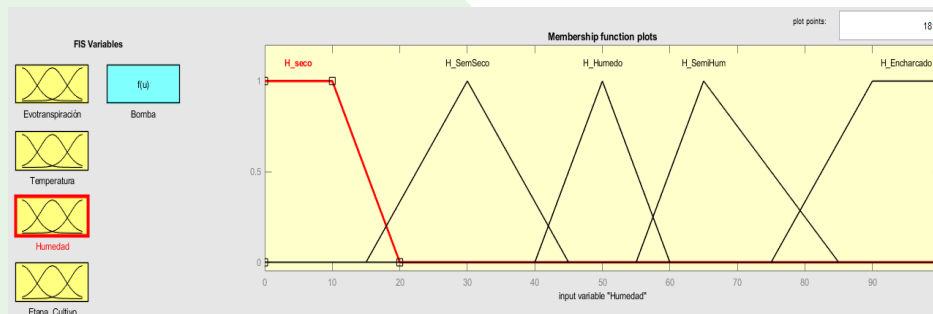
Variables lingüísticas de entrada  
EVOTRANSPIRACIÓN



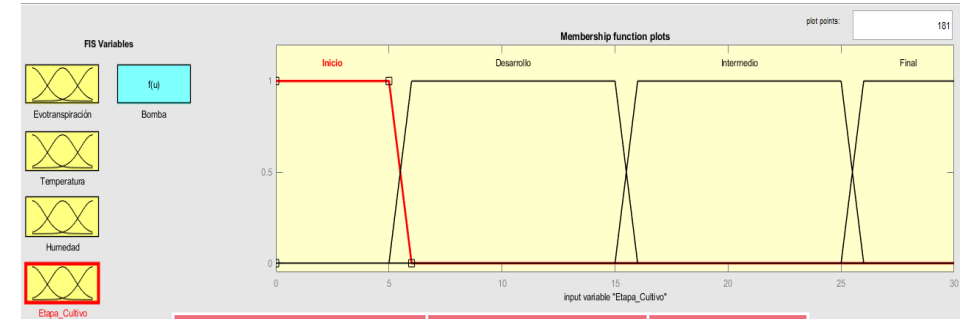
TEMPERATURA



HUMEDAD



CICLO DEL CULTIVO



VARIABLE	Evotranspiración	mm/día
Variable Lingüística	ETO BAJO	1,5-3,5
Variable Lingüística	ETO MEDIO	2,75-4,5
Variable Lingüística	ETO ALTO	4,0-6
VARIABLE	Temperatura	C°
Variable Lingüística	T: BAJA	de -5 a 10
Variable Lingüística	T: MEDIA	7,5 a 27,5
Variable Lingüística	T: ALTA	24,5 a 32
VARIABLE	Etapa del cultivo	Días
Variable Lingüística	INICIO	5
Variable Lingüística	DESARROLLO	10
Variable Lingüística	INTERMEDIO	10
Variable Lingüística	FINAL	5
VARIABLE	Húmedad	%
Variable Lingüística	SECO	0-20
Variable Lingüística	SEMISECO	15-45
Variable Lingüística	HÚMEDO	40-60
Variable Lingüística	SEMIHÚMEDO	55-80
Variable Lingüística	SUPERHÚMEDO	75-100

Antecedentes

Objetivos

Metodología

Diseño

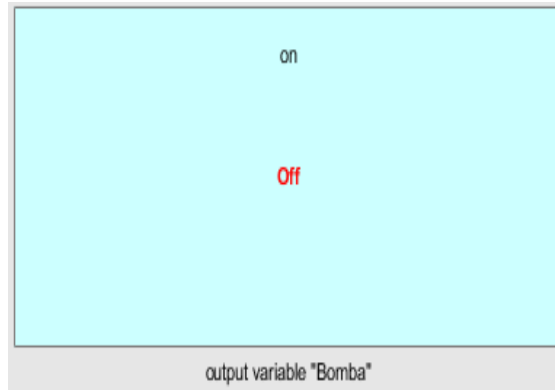
Análisis de resultados

Conclusiones

Recomendaciones



VARIABLES LINGÜÍSTICAS DE SALIDA.



# Sistema de control

Variable	Variable lingüística
BOMBA	SI
BOMBA	NO

Antecedentes

Objetivos

Metodología

Diseño

Análisis de resultados

Conclusiones

Recomendaciones

## Reglas del sistema de control

- Basadas en experiencia del diseñador
- Investigaciones y consultas
- Pruebas

ETAPA INICIAL					
TEMPERATURA BAJA					
	HUMEDAD				
EVOTRANSPIRACIÓN	SECO	SEMISECO	HUMEDO	SEMIHUMEDO	MUYHUMED
ETO BAJO	on	on	off	off	off
ETO MEDIO	on	on	off	off	off
ETO ALTO	on	on	on	off	off
TEMPERATURA MEDIA					
	HUMEDAD				
EVOTRANSPIRACIÓN	SECO	SEMISECO	HUMEDO	SEMIHUMEDO	MUYHUMED
ETO BAJO	on	on	off	off	off
ETO MEDIO	on	on	on	off	off
ETO ALTO	on	on	on	off	off



Estudio del suelo

Diseño Tecnológico

Ejecución

Seguimiento /evaluación

Antecedentes

Objetivos

Metodología

Diseño

Análisis de resultados

Conclusiones

Recomendaciones





# Estudio del suelo

# Diseño Tecnológico

# Ejecución

# Seguimiento /evaluación

Antecedentes

Objetivos

Metodología

Diseño

Análisis de resultados

Conclusiones

Recomendaciones



UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE			
Cálculo del rendimiento en producción de Kg en Materia Verde por Hectárea			
<b>CULTIVO</b>	ALFALFA	<b>FECHA</b>	6/6/2020
<b>RESPONSABLE</b>	THALIA MONTALUISA	8/3/2021	DATOS A INGRESAR

N°	MATERIAL	OBSERVACIÓN	ANCHO(m)	LARGO(m)
1	CUADRADO DE MUESTRA	-----	0,7	0,7
2	BALANZA	150 KG		

ÁREA m2	m2 en 1 ha	cuadrados en 1ha
0,49	10000	20408,16327

	GRAMOS MV	kg MV/ha	Tn MV/ha	Fechas de corte	
					Tiempo de producción
LÍNEA BASE 1	1750	35714,28571	35,71428571	20/9/2020	60
LÍNEA BASE 2	1900	38775,5102	38,7755102	16/11/2020	63
LUCIÓN TECNOLÓGICA PROPUESTA	2200	44897,95918	44,89795918	31/1/2021	63
				28/2/2021	28







# Análisis de resultados

Antecedentes

Objetivos

Metodología

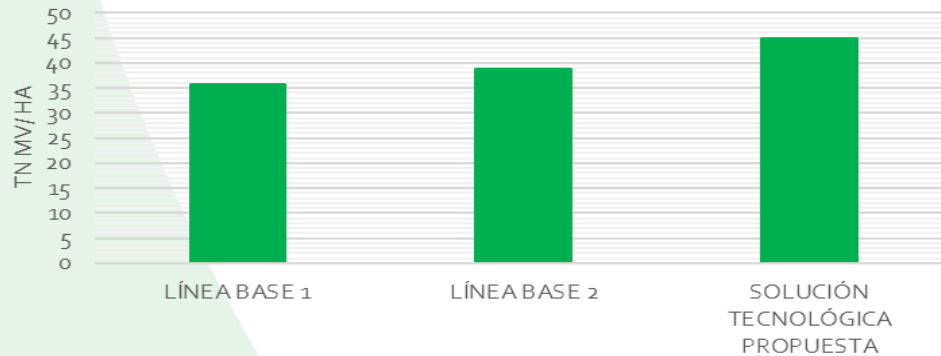
Diseño

Análisis de resultados

Conclusiones

Recomendaciones

## Rendimiento en producción de MV por hectárea

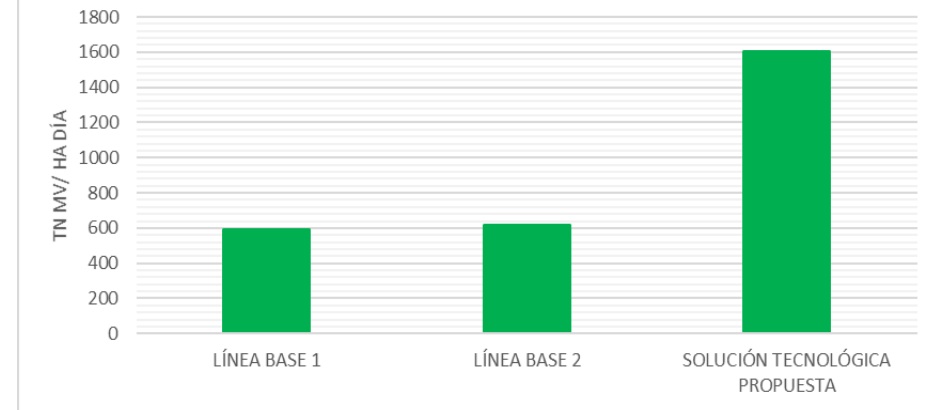


Incremento de 13.6% respecto a la línea base dos  
Incremento de 20.31% respecto a la línea base uno

Producción entre 60 y 63 días, 6 cortes al año.

Producción de 28 días, 13 cortes al año.

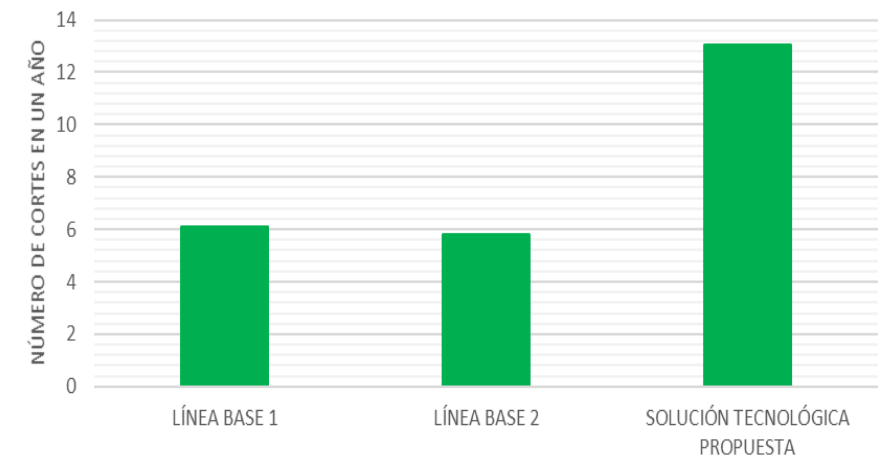
## Tasa de crecimiento (Tn)



Línea bases 596 y 615 Tn Mv/ha día

Solución tecnológica 1603 Tn Mv/ha día

## Número de cortes al año





- Antecedentes
- Objetivos
- Metodología
- Diseño
- Análisis de resultados
- Conclusiones
- Recomendaciones

Rubro	Costo Total
Sistema Fotovoltaico (Paneles FV, inversor, BESS protecciones)	\$1635,00
Sistema Hidráulico (Bomba, tuberías, aspersores, acoples rápidos, válvulas)	\$365,16
Sistema de control (PLC, Modulo AI, Fuente, Sensores, transmisores, cajas porta sensores)	\$1390,00
Armario de control (armario, luces piloto)	\$210,00
Obra civil (pozo, jaula de protección, candado, soporte de baterías)	\$1070,00
Materiales menores (rollos de cable sucre, terminales, cinta aislante, amarras,	\$467,02
<b>Valor total</b>	<b>\$5137,18</b>

# Estudio Económico

	Alternativa convencional	Alternativa Tecnológica
Costo Anual de Producción	\$1362,00	\$1540,80
Ingreso anual	\$2949,23	\$5114,68
Utilidad anual	\$1587,23	\$3573,88

$$A = CI * \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$$





Antecedentes

Objetivos

Metodología

Diseño

Análisis de  
resultados

Conclusiones

Recomendaciones

# CONCLUSIONES

- En el presente trabajo de investigación se propone una metodología interesante que permite el diseño de sistemas tecnológicos con la capacidad de mejorar el rendimiento de cualquier cultivo bajo estudio.
- Se analizó la disponibilidad del recurso solar en la zona de estudio con la finalidad de dimensionar el sistema fotovoltaico y el sistema de almacenamiento de energía, el cual tiene la capacidad de suministrar energía al sistema de riego, siempre priorizando la energía solar fotovoltaica.
- Se desarrolló un sistema de control basado en lógica difusa con variables de entrada ambientales y características propias del cultivo de estudio como: temperatura, humedad, evotranspiración y etapa del cultivo, con una serie de reglas de inferencia difusa que dan como resultado el encendido o apagado de la bomba, que suministra la cantidad óptima del recurso hídrico requerida por el cultivo.
- Los resultados de este trabajo muestran que el rendimiento del cultivo incrementó entre el 13.6 y 20.31% respecto a sus líneas base y se obtuvo un incremento en el ciclo de producción pasado de entre 60 y 63 días a 28 días, lo que se traduce en aproximadamente 13 cortes al año, presentando un incremento de un 53.84% del número de ciclos de producción esperados al año.



Antecedentes

Objetivos

Metodología

Diseño

Análisis de  
resultados

Conclusiones

Recomendaciones

# CONCLUSIONES

- Se realizó la evaluación técnica económica del proyecto considerando el costo total del sistema, se pudo demostrar que la alternativa tecnológica genera un margen de utilidad más elevado lo que permite recuperar la inversión en un periodo de tiempo muy acotado.
- Con el desarrollo de este proyecto se ha mejorado la calidad de vida del agricultor además de disminuir las pérdidas hídricas aportando a la preservación y el cuidado de fuentes naturales de agua. La energía solar fotovoltaica es una de las formas de producción de energía limpia, segura y amigable con el ambiente, permite disminuir la producción de gases efecto invernadero y reemplazar combustibles fósiles.



# RECOMENDACIONES

Antecedentes

Objetivos

Metodología

Diseño

Análisis de  
resultados

Conclusiones

Recomendaciones

- Es importante analizar el comportamiento del rendimiento del cultivo en el resto del año, ya que la dinámica de crecimiento puede verse afectada por factores externos como plagas o insectos, por esto es recomendable hacer un estudio de un sistema de fertirriego, para poder controlar de mejor manera el sistema
- Se recomienda trabajar con un programa de mantenimiento preventivo y predictivo de todos los elementos que conforman el sistema, así como la limpieza de los paneles fotovoltaicos debido a la cantidad de polvo que pueden experimentar lo que podría ocasionar una disminución en el factor de planta.



# BIBLIOGRAFÍA

Antecedentes

Objetivos

Metodología

Diseño

Análisis de resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Bibliografía

- Alcaraz, J., & Jiménez, J. (2018). *La aplicación de la agricultura de precisión en el proceso de fertilización: un caso de estudio para el sector bananero de Urabá-Anioqueño*. Medellín: Universidad EAFIT.
- Almazan, R. C. (2003). *Apuntes de la Materia de Riego y Drenaje*. San Luis Potosí.
- Alocén, J. C. (2007). *Manual práctico para el diseño de sistemas de minirriego*. Honduras.
- Appelbaum, J. (2016). Bifacial photovoltaic panels field. *Renewable Energy*, 338-343.
- Arias, M. P. (2012). Diseño de un sistema de riego por aspersión con automatización para el sector de Ugñag, cantón Penipe. En G. A. Patricia, *Diseño de un sistema de riego por aspersión con automatización para el sector de Ugñag, cantón Penipe* (pág. 40). Riobamba.
- Avedaño, V. M. (2004). *Estudio de la factibilidad de la introducción de un sistema de riego por gravedad-aspersión en el caserío Corral de Piedra concepción Tutuapa San Marcos*. Guatemala.
- Cevallos, J., & Ramos, J. (2018). Spatial assessment of the potential of renewable energy: The case of Ecuador. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 81:1154-1165.
- Cifuentes., R. L. (2017). Guía de desarrollo de proyectos pequeños y medianos proyectos de Energía Eólica. En R. L. Cifuentes., *Guía de desarrollo de proyectos pequeños y medianos proyectos de Energía Eólica*. (págs. 11-14). Santiago de Chile: Rodrigo Vieytes.
- Collado, E. (2017). Sistema de Riego Inteligente para optimizar el consumo de agua en cultivos en Paanamá. *Global Partnerships for Development and Engineering Education*, 19-21.
- Cox, S. (2002). The global key to precision agriculture and sustainability. *Comput Electron Agric*, 93-111.
-

