

INFORME DE CALCULOS PARA SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO

PROYECTO

Nombre de la Organización: Asociación Municipal de Colonos del Pato - AMCOP

No. de proceso: Invitación a licitar N° 1

Objeto: Selección de proveedores para el suministro e instalación de un sistema fotovoltaico, para suplir los requerimientos energéticos del cultivo de tilapia roja bajo sistema Biofloc en la vereda Miravalle del municipio de San Vicente del Caguán, en el marco del Memorando de Acuerdo COL/K53 N° 94 de 2017, suscrito entre UNODC y la Asociación Municipal de Colonos del Pato - AMCOP.

ACLARACIONES

Basado en los requerimientos y el presupuesto disponible para el proyecto se realizan un cambio principal el número de splash y blower a utilizar con sus respectivos variadores de potencia como indica la tabla 1.

UNIDADES	EQUIPOS	POTENCIA UNITARIA (KW)	HORAS POR DIA	TOTAL ENERGIA (KWh/día)	TOTAL ENERGIA + 10% (KWh/día) *
6	Aireadores Splash de 1.5 HP	1.118	24	161	177
6	Variador de Potencia (1.5 HP Max. Salida)	1.118	24		
2	Blower de 2.0 HP	1.491	24	72	79
2	Variador de Potencia (2.0 HP Max. Salida)	1.491	24		
			TOTAL	233 KWh/dia	256 KWh/dia

Tabla 1. Tabla de consumo de energía de las cargas, fuente: términos de referencia.

* se recomienda un 10% o más de la energía necesaria para evitar trabajar al límite

Consumo de energía del sistema: El consumo de energía del variador de potencia es mínimo y depende de la referencia a usar, la potencia del variador mencionada en **Tabla 1** es la cantidad máxima que puede controlar, no implica que es el consumo del variador, por lo que el consumo KWh/día se calcula respecto al splash y blower únicamente.

Importante aclarar los variadores de potencia no consumen la misma potencia que el Splash o Blower, el uso de esta combinación (Splash + variador) es para eliminar picos de consumo (arranque o acciones de control) por lo tanto se reduciría el consumo en un 20% de los dos equipos conectados [1].

Referencia [1]- <https://new.abb.com/drives/es/eficiencia-energetica>.

Entonces disminuye la energía requerida 256 KWh/día en un 20% aproximadamente obteniendo la energía que debe generar el proveedor con su instalación solar fotovoltaica de **205 kWh/día** (caso ideal sin pérdidas).

Organigrama:



Figura 1. Distribución de las secciones en el lugar de instalación

Se establece una organización básica para el funcionamiento de los equipos eléctricos (Tabla 2) basado en las secciones definidas para implementarse según la distribución en el plano (Figura 1). **Puede ser reorganizable de acuerdo a la viabilidad del proponente sin perjudicar la óptima operación de los equipos.**

Sección	Modulo	No. Tanques	Diámetro (m)	Equipos	Distancia (m)
I	1	1	14	1 Splash	18
I	2	1	14	1 Splash	18
II	3	1	14	1 Splash	18
II	4	1	14	1 Splash	18
III	5	1	14	1 Splash	18
III	6	1	14	1 Splash	18
V	7	1	9	1 Blower	15
V	8	1	9	1 Blower	15

Tabla 2. Distribución de receptores para cada módulo, fuente: términos de referencia

1. SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO AISLADO PARA AMCOP

1.1 ANÁLISIS DE CONSUMO DE ENERGÍA POR MÓDULOS

El sistema de energía solar fotovoltaica debe cumplir los requerimientos energéticos para funcionar adecuadamente los actuadores mencionados en la Tabla 1 de forma continua 24/7 (24 horas día, 7 días a la semana) para un proyecto productivo de tilapia roja bajo sistema Biofloc en la vereda Miravalle del Municipio de San Vicente del Caguán – Caquetá.

Considerando la Tabla 1. se calcula la potencia necesaria y la energía demanda para cada módulo, usando la “potencia requerida + 10%” (Tabla 3) como $L_{md,AC}$, basado en la formula (1):

$$L_{md} = \frac{L_{md,DC} + \frac{L_{md,AC}}{\eta_{inv}}}{\eta_{bat} \times \eta_{con}} \quad (1)$$

Donde,

L_{md} → Consumo medio energetico diario

$L_{md,DC}$ → Consumo medio energetico diario de las cargas continuas

$L_{md,AC}$ → Consumo medio energetico diario de las cargas alternas

η_{inv} → Coeficiente de eficiencia del inversor

η_{bat} → Coeficiente de eficiencia de la bateria

η_{con} → Coeficiente de eficiencia de los conectores electricos

Coefficientes ideales utilizados: $\eta_{inv} = 0.9$ $\eta_{bat} = 0.95$ $\eta_{con} = 1$

Calculo energetico para cada modulo							
Modulo	Descripción de Equipos	Unidades	Potencia Unitaria (kW)	Potencia por ahorro energetico del variador (kW)	Potencia requerida + 10% (kW)	Horas por día	Energía diaria (kWh-día)
1	1 Splash de 1.5HP + 1 Variador de Potencia (1.5 HP Max. Salida)	1	1,1	0,9	1,0	24	27,6
2	1 Splash de 1.5HP + 1 Variador de Potencia (1.5 HP Max. Salida)	1	1,1	0,9	1,0	24	27,6
3	1 Splash de 1.5HP + 1 Variador de Potencia (1.5 HP Max. Salida)	1	1,1	0,9	1,0	24	27,6
4	1 Splash de 1.5HP + 1 Variador de Potencia (1.5 HP Max. Salida)	1	1,1	0,9	1,0	24	27,6
5	1 Splash de 1.5HP + 1 Variador de Potencia (1.5 HP Max. Salida)	1	1,1	0,9	1,0	24	27,6
6	1 Splash de 1.5HP + 1 Variador de Potencia (1.5 HP Max. Salida)	1	1,1	0,9	1,0	24	27,6
7	1 Blower de 2 HP + 1 Variador de Potencia (2 HP Max. Salida)	1	1,5	1,2	1,3	24	36,8
8	1 Blower de 2 HP + 1 Variador de Potencia (2 HP Max. Salida)	1	1,5	1,2	1,3	24	36,8
		Potencia Total (kW)	9,7	7,8	8,5	Energía diaria total (kWh-día)	239,36

Tabla 3. Calculo de cargas para cada módulo

Para los módulos del 1 al 6 se obtiene un consumo de energía diaria promedio de **27,6 [kWh-día]** y para los módulos 7 y 8 un consumo de **36,8 [kWh-día]** para un total de energía diaria requerida de **240 [kWh-día]**.

1.2 DIMENSIONAMIENTO DE PANELES SOLARES

La ubicación del cultivo de tilapia roja bajo sistema Biofloc es en la vereda Miravalle del municipio de San Vicente del Caguán como se menciona el objeto de esta licitación. Se realiza una búsqueda en la página del IDEAM para determinar la menor radiación en el año en la región definida entre los meses de junio y julio con una radiación solar promedio de de **4 [kWh/m2/día]** (figura 2) [2].

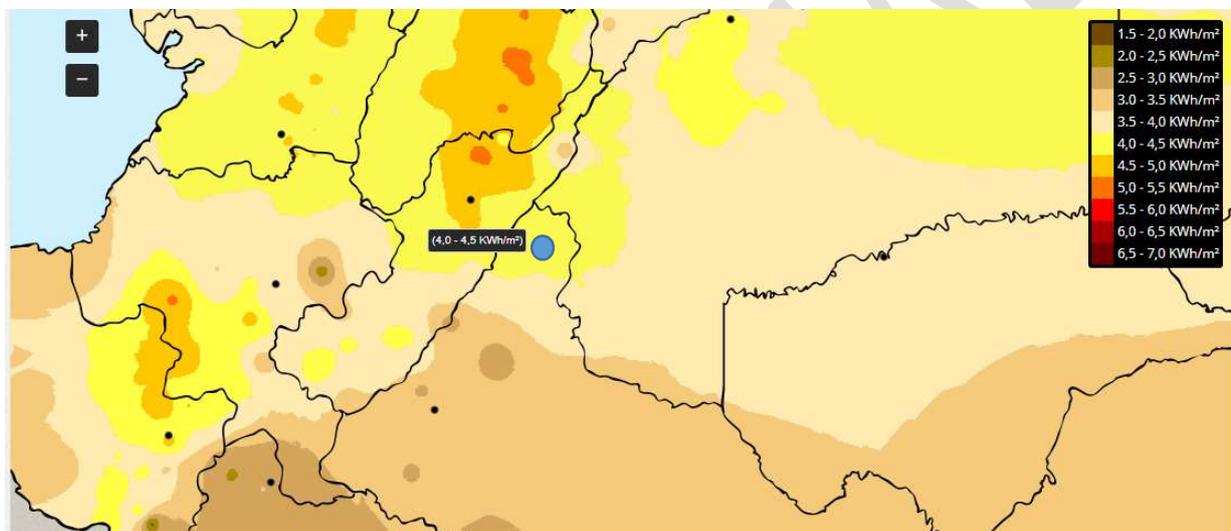


Figura 2. Ubicación aproximada en mapa de la radiación solar del lugar de instalación

La potencia generada por los paneles fotovoltaicos depende de factores externos principalmente de la radiación solar en el lugar de instalación, de pérdidas ocasionadas por los diversos factores como el inversor, las baterías y las conexiones las cuales ya se tuvieron en cuenta en la energía a suministrar por ello se utiliza un factor del 90%.

Para realizar el cálculo de la potencia generada P_{GFV} se utiliza la fórmula (2):

$$P_{GFV} = \frac{L_{md}}{HPS_{crit} \times PR \times 1000} \quad (2)$$

Donde,

L_{md} → Consumo medio energetico diario

HPS_{crit} → son las horas de sol piko del mes crítico calculado = 4

PR → factor global de funcionamiento = 0,9

El número de paneles necesarios se determina con la formula (4) y se muestran en la Tabla 4:

$$N_T = \frac{P_{GFV}}{P_{MPP}} \quad (4)$$

Donde,

P_{MPP} → la potencia pico del módulo en condiciones estándar de medida $STC = 380W$

Calculo potencia generada paneles solares						
Modulos 1,2,3,4,5 y 6						
Descripción de Equipos	Energía diaria (kWh-día)	Radiación Solar (kW/m2 /día)	Factor PR	Potencia Generada FV (kWp)	Potencia pico FV (Wp)	Numero de paneles - NT
1 Splash de 1.5HP + 1 Variador de Potencia (1.5 HP Max. Salida)	27,6	4	0,9	7,67	380	20
Modulos 7 y 8						
Descripción de Equipos	Energía diaria (kWh-día)	Radiación Solar (kW/m2 /día)	Factor PR	Potencia Generada FV (kWp)	Potencia pico FV (Wp)	Numero de paneles - NT
1 Blower de 2 HP + 1 Variador de Potencia (2 HP Max. Salida)	36,8	4,0	0,9	10,22	380	27

Tabla 4. Calculo de potencia generada y numero de paneles solares mínimos para el proyecto

La potencia generada por los módulos del 1 al 6 es de **7,7 kWp** para un mínimo requerido de 20 paneles solares monocristalino de 380W por cada módulo.

La potencia generada por los módulos 7 y 8 es de **10,2 kWp** para un mínimo requerido de 27 paneles solares monocristalino de 380W para cada módulo.

En total el sistema fotovoltaico aislado genera **66,5 kWp**.

1.3 DIMENSIONAMIENTO DE BATERIAS

Se recuerda que depende del ofertante sugerir la configuración más adecuada dependiendo del presupuesto y la óptima operación del sistema.

Para ello primero se debe definir la tensión adecuada que se va a usar, podría usarse 24V debido a que es inferior a 2000 W la potencia requerida por los aireadores o también usar a 48V según su criterio de selección, para la aplicación se usara a 24V la tensión nominal del sistema, para ello se usan una serie de baterías hasta obtener la tensión requerida.

Posteriormente se define el tiempo de autonomía mínima de 1 día y una profundidad de descarga del 70% de la batería.

Cálculos de la capacidad del banco de baterías $C_{ne}(Ah)$ con la formula (5):

$$C_{ne}(Ah) = \frac{L_{md} \times N}{V_{bat} \times P_{D,max} \times F_{ct}} \quad (5)$$

Donde,

V_{bat} → Voltaje nominal del sistema= 24V

N → Numero de dias de autonomia = 1

$P_{D,max}$ → Porcentaje maximo de descarga de bateria = 70%

F_{ct} → Factor de compensación termica = 1

Para calcular el número de baterías se requiere las características de las misma como ejemplo se utiliza una referencia 12 PVV 1800 [3] de características 2V con capacidad nominal $C_{10}=1644$ Ah y 14 PVV 2660 [3] de características 2V con capacidad nominal $C_{10}=2320$ (**puede variar de acuerdo a la configuración y criterio del ofertante sin desmeritar el óptimo funcionamiento de los equipos**).

Calculo de capacidad banco de baterías								
Módulos 1,2,3,4,5 y 6								
Voltaje de batería = 2V, Capacidad nominal C10=1644 Ah								
Descripción de Equipos	Energía diaria (kWh-día)	Voltaje nominal del sistema (V)	Factor de compensación Temperatura	Profundida de descarga	Dias de autonomía	Capacidad del banco de baterías (Ah)	Numero de ramas de baterías en Paralelo	Numero de baterías en Serie
1 Splash de 1.5HP + 1 Variador de Potencia (1.5 HP Max. Salida)	27,6	24	1,00	0,70	1	1643	1	12
Módulos 7 y 8								
Voltaje de batería = 2V, Capacidad nominal C10=2320 Ah								
Descripción de Equipos	Energía diaria (kWh-día)	Voltaje nominal del sistema (V)	Factor de compensación Temperatura	Profundida de descarga	Dias de autonomía	Capacidad del banco de baterías		Capacidad del banco de baterías
1 Blower de 2 HP + 1 Variador de Potencia (2 HP Max. Salida)	36,8	24	1,00	0,70	1	2190	1	12

Tabla 5. Calculo de capacidad de banco de baterías mínimos para el sistema

En resumen, para el banco de baterías se requiere una capacidad de **1643 Ah a 24V** para los módulos 1,2,3,4, 5 y 6, para un total de capacidad del banco de baterías de **9858 Ah a 24V (237 kWh)**.

Para cada módulo del 7 y 8 se requiere una capacidad de **2190 Ah a 24V** para un total de capacidad del banco de baterías de **4380 Ah a 24V (105 kWh)**.

En total con estas características se necesitan 72 baterías tipo 12 PVV 1800 y 24 baterías tipo 14 PVV 2660. (*En el banco de baterías no es obligatorio esta configuración, pero si recomienda que la capacidad mínima para todo el sistema sea de 14238 Ah a 24V (342 kWh)*)

1.4 DIMENSIONAMIENTO DE INVERSOR CON REGULADOR DE CARGA

Procedemos primero al cálculo del regulador puede ser tipo MPPT incorporado en el inversor o externo de acuerdo al criterio del ofertante, pero en ambos casos se debe calcular cual es la máxima corriente que debe soportar el regulador, a su entrada I_{ent} (ecuación 6) y también a su salida I_{sal} (ecuación 7).

Para calcular la corriente de entrada I_{ent} al regulador hacemos el producto corriente de cortocircuito de un panel fotovoltaico por el número de las ramas (la corriente de cada rama en paralelo será aproximadamente la misma) en paralelo.

El rango de corriente de entrada de un regulador MPPT oscila entre 60A y 120A por lo que se elige uno con corriente de 120A y con voltaje máximo DC de 900V para poder garantizar un óptimo funcionamiento del sistema.

$$I_{ent} = 1,25 \times I_{MODSC} \times N_p \quad (6)$$

Donde,

I_{MODSC} → Corriente unitaria del módulo fotovoltaico en condiciones de cortocircuito

N_p → Número de ramas en paralelo

1,25 → Factor de seguridad evitar daños ocasionadas por el regulador

$$I_{sal} = \frac{1,25 \times (P_{DC} + \frac{P_{AC}}{\eta_{inv}})}{V_{bat}} \quad (7)$$

Donde,

P_{AC} → Potencia de cargas AC

P_{DC} → Potencia de cargas DC = 0

El inversor debe ser de una potencia de salida superior a las cargas AC si se alimentan los módulos 1,2,3,4,5 y 6 por separado las cargas AC son 1.1 kW y los módulos 7 y 8 son 1.49 kW de potencia.

Además, para el cálculo de la potencia del inversor P_{inv} y aplicar un margen de seguridad del 20%, en la alimentación de estos equipos se debe tener en cuenta la potencia pico es cuatro veces en el arranque, pero al tener un variador de potencia no se presentarían estas fluctuaciones.

$$P_{inv} = 1,2 \times P_{AC} \quad (8)$$

El inversor debe ser trifásico 110/220 VAC a 60 Hz y se realiza el cálculo de la potencia máxima del inversor y el dimensionamiento del regulador MPPT para cada módulo como se muestra en la Tabla 6.

Calculo de dimensionamiento del regulador MPPT y el Inversor										
Modulos 1,2,3,4,5 y 6										
Descripción de Equipos	Factor de seguridad	Voltaje de panel solar Voc (V)	Corriente de panel solar I _{modsc} (A)	Numero de paneles en Serie N _s	Numero de Paneles en Paralelo N _p	Voltaje maximo de cada rama de paneles (V)	Potencia de Cargas AC (kW)	Corriente de entrada regulador MPPT (A)	Corriente de salida regulador MPPT (A)	Potencia minima del inversor Pinv (kW)
1 Splash de 1.5HP + 1 Variador de Potencia (1.5 HP Max. Salida)	1,25	48,75	10,12	4	5	244	1,1	63,25	60,86	1,33
Modulos 7 y 8										
Descripción de Equipos	Factor de seguridad	Voltaje de panel solar Voc (V)	Corriente de panel solar I _{modsc} (A)	Numero de paneles en Serie N _s	Numero de Paneles en Paralelo N _p	Voltaje maximo de cada rama de paneles (V)	Potencia de Cargas AC (kW)	Corriente de entrada regulador MPPT (A)	Corriente de salida regulador MPPT (A)	Potencia minima del inversor Pinv (kW)
1 Blower de 2 HP + 1 Variador de Potencia (2 HP Max. Salida)	1,25	48,75	10,12	4	7	341	1,49	88,55	81,69	1,79

Tabla 6. Calculo de corriente de entrada y salida para un regulador MPPT y potencia del inversor

Con esta configuración cada módulo será eléctricamente independiente y requerirá un inversor con regulador de carga MPPT incorporado o externo con una corriente de entrada mínima de 63,25A con una potencia del inversor de 1.33kW para los módulos del 1 al 6.

Los módulos del 7 al 8 también son eléctricamente independientes con una corriente de entrada del regulador MPPT de 88.55A y una potencia del inversor de 1.79 kW.

El oferente puede realizar su configuración adecuada para el sistema fotovoltaico aislado con la operación adecuada de los 6 Splash de 1.1 kW cada uno y 2 Blower 1.49 kW cada uno durante 24 horas / 7 días, en la zona no se cuenta con red eléctrica, pero puede ser ideal tener esta opción para un futuro con un Inversor cargador.

2. PROPUESTA DE REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA ALTERNATIVO DE ENERGÍA FOTOVOLTAICA

Basado en los cálculos realizados anteriormente se definen las características técnicas mínimas de los diferentes componentes que intervienen en el proyecto que permite al proponente hacer una oferta con una configuración adecuada para el sistema solar fotovoltaica de acuerdo a su experiencia en el suministro e instalación de equipos para la óptima operación del cultivo de tilapia roja en la vereda Miravalle en el área de suministro de energía fotovoltaica.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

PARTE 1: Lista de Requisitos y Especificaciones Técnicas

El proponente deberá entregar la documentación basado en las adendas anteriores debido a la emergencia sanitaria COVID-19.

Ítem	Artículos que deben suministrarse	Cantidad	Unidad de Medida	Descripción/especificaciones de los bienes	Otras Informaciones
1	Arreglo de Paneles Solares	66,5	kWp	Los paneles solares deben ser monocristalinos por su máxima eficiencia. Rango ideal de 300W-385W / 24V o equivalentes	Espacio para paneles solares es de 30 m x 60m
2	Banco de Baterías	14240	Ah a 24V	Baterías de GEL, AGM que sean libre de mantenimiento - (Selladas) con capacidad de carga de 14240 Ah a 24V /7120 Ah a 48V (342 kWh)	
3	Opción 1: Banco de Inversores multifuncionales Opción2: Banco de Reguladores de carga MPPT e Inversores	1	KIT CONJUNTO GLOBAL	Opción 1 o 2 cumpliendo estas características: Arreglo de inversores y controladores de carga con configuración adecuada para los módulos del sistema fotovoltaico aislado con la operación adecuada de los 6 Splash x 1.1 kW cada uno (6.7kW) durante 24 horas / 7 días	Deben proponer el número de inversores multifunciones o Reguladores de carga MPPT e inversores con sus respectivas características
4	Opción 1: Banco de Inversores multifuncionales Opción2: Banco de Reguladores de carga MPPT e Inversores	1	KIT CONJUNTO GLOBAL	Opción 1 o 2 cumpliendo estas características: Arreglo de inversores y controladores de carga con configuración adecuada para los módulos del sistema fotovoltaico aislado con la operación adecuada de los 2 Blower x 1.49 kW cada uno (3kW) durante 24 horas / 7 días	Deben proponer el número de inversores multifunciones o Reguladores de carga MPPT e inversores con sus respectivas características
5	Sistema electrónico que incluye tableros, cables, caja de conexiones y protecciones contra descarga, ADEMÁS DE UN PLANO DE LAS CONEXIONES ELECTRICAS QUE REALICE.	1	GLOBAL	Incluye: Tableros (barraje de amperaje, transferencias, cables, caja de conexiones, protecciones (breakers) contra descarga (Global) y lo necesario para el funcionamiento óptimo del sistema. PLANO DE LAS CONEXIONES ELECTRICAS. INSTALACION ELECTRICA CERTIFICADA QUE CUMPLA CON LAS NORMAS RETIE.	
6	Reflectores	10	UNIDAD	100 vatios batería interna para trabajo nocturno.	
7	Estructura de soportes para paneles	1	GLOBAL	Estructura para el arreglo de paneles solares con sus respectivos anclajes, base en angulo de 3mts	los paneles solares deben ser instalados sobre

				de altura y riele ofertados por el proponente.	una ladera de aproximadamente 45 grados. La distancia de los paneles a la casa de máquinas puede oscilar aprox. entre 500 y 600 metros.
8	Diseño de instalación de sistema de energía fotovoltaico	1	Global	Planos de instalación y ubicación de la estructura para paneles y conexiones eléctricas que cumple con las normas RETIE	

CONFIDENCIAL