

**“METODOLOGÍA DE PLANIFICACIÓN DE MICRORREDES PARA
PROCESOS PRODUCTIVOS”**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO ELECTROMECAÁNICO**

**AUTORES: CHIPANTIZA PUNGUIL, CARLOS IGNACIO
GUAITA ROJANO, ROBERTO CARLOS**

DIRECTORA: Ing. LLANOS PROAÑO, JACQUELINE DEL ROSARIO Ph.D.

LATACUNGA 2021



AGENDA:

- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y OBJETIVOS
- INTRODUCCIÓN
- METOLOGÍA DE PLANIFICACIÓN DE MICRORREDES CON PROCESOS PRODUCTIVOS
- CASO DE ESTUDIO
- ANÁLISIS DE RESULTADOS
- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES



AGENDA:

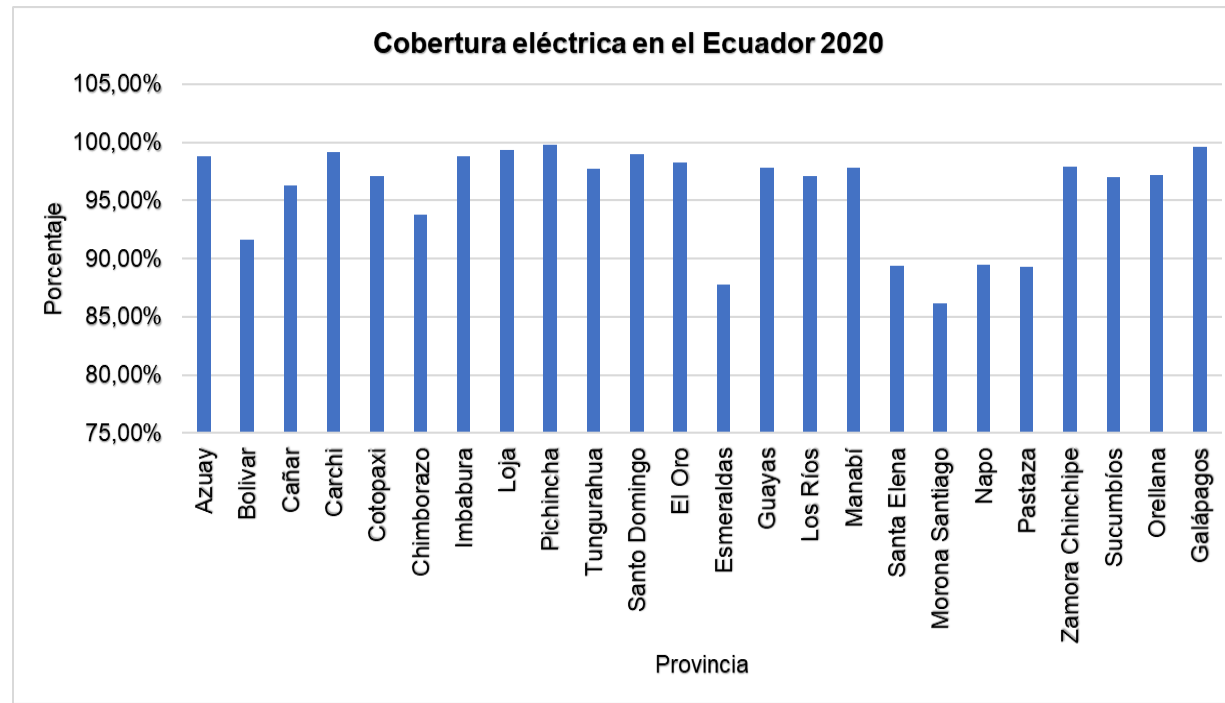
- **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y OBJETIVOS**
- **INTRODUCCIÓN**
- **METODOLOGÍA DE PLANIFICACIÓN DE MICRORREDES CON PROCESOS PRODUCTIVOS**
- **CASO DE ESTUDIO**
- **ANÁLISIS DE RESULTADOS**
- **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**



PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Existe alta dificultad al momento de brindar acceso a la energía eléctrica por parte de empresas de distribución en áreas rurales.

Según (ARCONEL, Estadísticas Anuales Y Multianual Del Sector Eléctrico Ecuatoriano, 2020) en Ecuador existe una cobertura del 97.3% de abastecimiento eléctrico en la región, el 2.7% se muestra afectado para su desarrollo local, en donde la amazonia es la región más golpeada.



PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Existen localidades rurales en Ecuador en donde el suministro de energía eléctrica es intermitente lo que provoca desmejora en la calidad de vida, evitando que se generen o potencialicen procesos productivos, lo que conlleva a que los habitantes abandonen sus localidades, estos aspectos pueden ser mejorados al suministrar energía eléctrica en forma ininterrumpida.



Frente a estos aspectos, en esta investigación se propone una metodología para la planificación de microrredes considerando la gestión de cargas flexibles de los procesos productivos, los recursos renovables disponibles, demanda eléctrica residencial, y demandas no controlables de los procesos productivos. La metodología propuesta fue validada al implementarla en un caso de estudio.



OBJETIVO GENERAL

Desarrollar una metodología para la planificación de una microrred considerando recursos naturales disponibles en la zona así como también los requerimientos de energía para el mejoramiento sustentable de procesos productivos en localidades rurales.



OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Recolectar la información pertinente para realizar la planificación de una microrred considerando procesos productivos.
- Formular el problema de optimización para la planificación de una microrred enfocado en procesos productivos.
- Realizar el levantamiento de información con las entradas para la metodología propuesta.
- Implementar y validar la metodología propuesta en un caso de estudio.



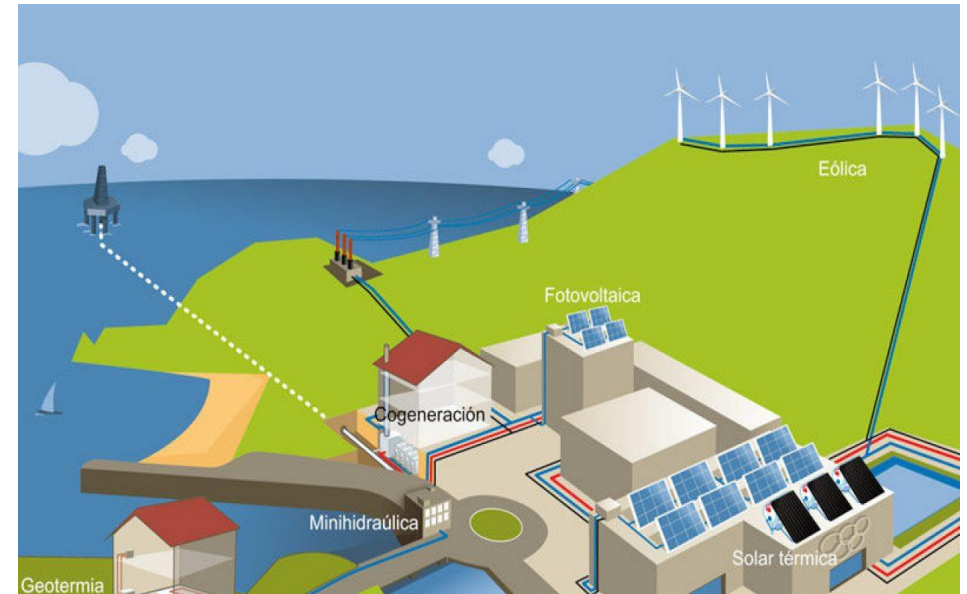
AGENDA:

- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y OBJETIVOS
- INTRODUCCIÓN
- METOLOGÍA DE PLANIFICACIÓN DE MICRORREDES CON PROCESOS PRODUCTIVOS
- CASO DE ESTUDIO
- ANÁLISIS DE RESULTADOS
- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES



INTRODUCCIÓN

Una importante alternativa se está estudiando para mejorar el abastecimiento eléctrico, minimizando costos de inversión y optimizando tecnologías de generación, se trata de las microrredes, sistemas que permiten proporcionar una generación sin depender de una interconexión nacional de electrificación, puesto que los avances tecnológicos han logrado que la producción de energía eléctrica no sea principal y únicamente de grandes plantas de generación tradicionales, más bien a partir de fuentes de energías renovables (Carpintero M., 2019).



Por ende, en la literatura se menciona según (Mariam, 2016) y (Sood, 2019) que el uso de la denominada microrred (MG) ha generado gran impacto, ya que se presenta como una solución viable y sostenible a nivel mundial.



Proyectos microrredes en Ecuador

Tabla 1

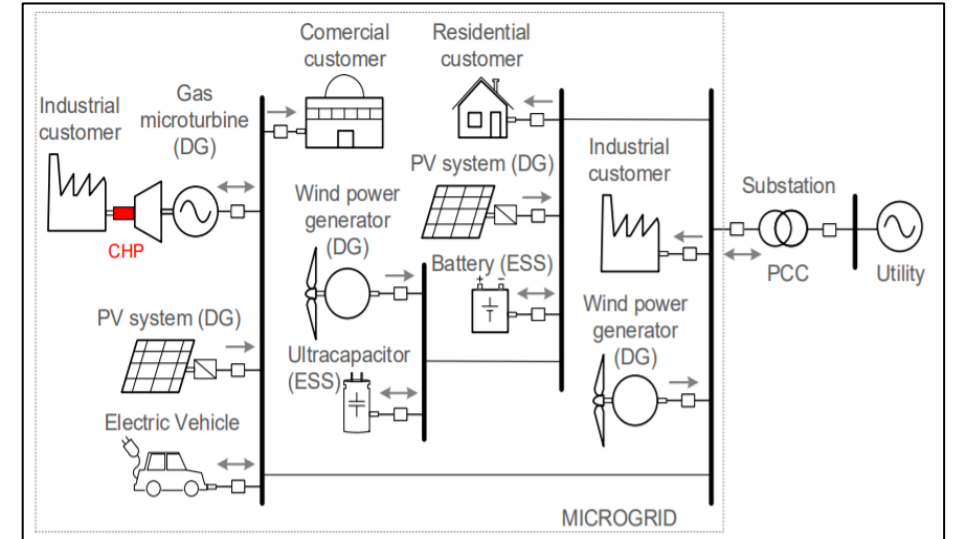
Investigaciones de MG en el Ecuador

Tema	Discusión	Región	Referencia
Microrredes como alternativas de electrificación para la región amazónica en Ecuador	Analiza las alternativas de energía renovable para la región amazónica de Ecuador. Se evalúan dos escenarios considerando diferentes tipos de generación. Se realiza un espacio de búsqueda, y para cada escenario se obtiene la configuración óptima en términos de costos.	Ecuador- Amazonía	(Clairand, 2019)
Planificación de microrredes para la generación de energía para Galápagos considerando vehículos eléctricos y estufas de inducción	Este trabajo discute el problema de planificación de generación en microrredes insulares a base de diésel con RES, considerando la electrificación del transporte y cocinas de inducción, para reducir su impacto ambiental, y aplicado a las comunidades de Santa Cruz y Baltra en las Islas Galápagos en Ecuador..	Galápagos	(JM Clairand, 2018)
Gestión energética en microrredes aisladas de la región amazónica ecuatoriana	Los objetivos de este trabajo se basan en establecer, por medio de microrredes en base a energía fotovoltaica y dispositivos de almacenamiento, un sistema ordenado que suministra eléctrica a comunidades remotas, que se encuentran alejadas de los centros de distribución de energía eléctrica en la Provincia de Morona Santiago, en la Región Amazónica del Ecuador.	Morona Santiago	(Paredes L. S., 2019)



Microrredes

Una microrred se define como un componente de un sistema de abastecimiento de energía eléctrica óptimo y eficaz implementado tanto para media como para baja tensión, compuesta por un conjunto configurado Recursos Energéticos Distribuidos con fuentes de energías renovables convencionales o no convencionales y sistema de almacenamiento de energía (BESS) la cual abastecen una demanda previamente analizada.

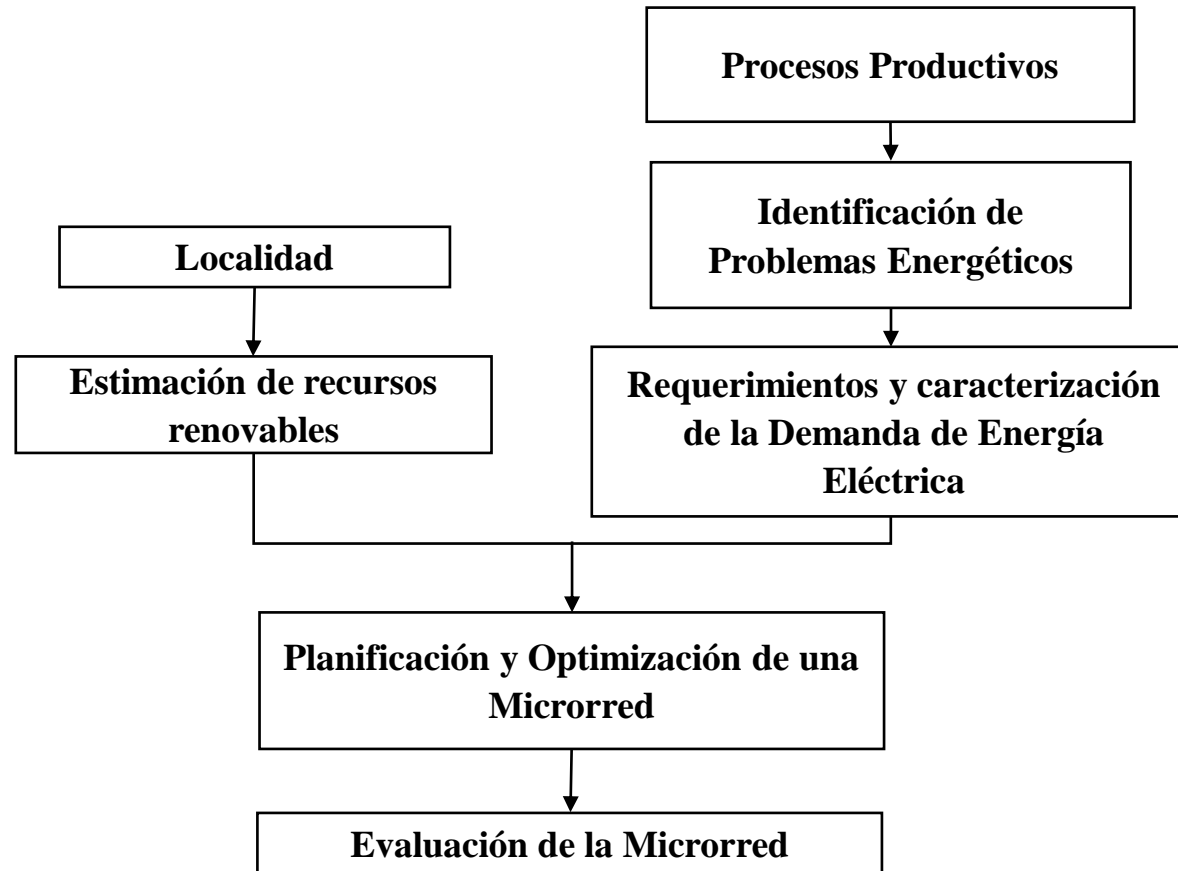


AGENDA:

- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y OBJETIVOS
- INTRODUCCIÓN
- METOLOGÍA DE PLANIFICACIÓN DE MICRORREDES CON PROCESOS PRODUCTIVOS
- CASO DE ESTUDIO
- ANÁLISIS DE RESULTADOS
- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES



Metodología de Planificación de Microrredes para Procesos Productivos



Problema de optimización

El objetivo de la planificación de una microrred con procesos productivos es maximizar los beneficios técnicos y minimizar los costos de inversión considerando varias tecnologías de generación.

$$\text{Min} = CI + CO$$

$$\text{objective} = \left(\frac{CRF * n}{8760} \right) * (C_{PV} * P_{PV_{INST}} + C_{BESS} * P_{BESS_{INST}} + C_{MH} * P_{MH_{INST}} + C_{WT} * P_{WT_{INST}} + C_{GGS} * P_{GGS_{INST}} + C_{GD} * P_{GD_{INST}}) + \sum (C_D * P_{GD}(t) + C_{Gas} * P_{GGS}(t) + E_{CO2}(t) * C_{CO2} + C_{ENS} * ENS(t) + C_{CURTAILMENT} * (P_{V_C}(t) + M_{H_C}(t) + P_{WT_C}(t)) + C_{MH_{op}} * P_{MH}(t))$$



Problema de optimización

Modelo Fotovoltaico (PV)

$$P_{PV(t)} = \frac{\text{Irradiancia}(t) * A_{panel} * n_{inversor}}{100000}$$

Restricciones:

$$PV_C(t) \leq P_{PV}(t)$$

$$P_{PV}(t) \leq P_{PV_{INST}}$$



Problema de optimización

Modelo Micro-hidro (MH)

$$P_{MH}(t) = \frac{\textit{gravedad} * \textit{densidad}_{\textit{agua}} * h * \textit{Caudal}(t) * n_{MH}}{100000}$$

Restricciones:

$$MH_C(t) \leq P_{MH}(t)$$

$$P_{MH}(t) \leq P_{MH_{INST}}$$



Problema de optimización

Modelo Grupo Electrónico de Gas (GGS)

$$f_{gas}(t) = \frac{P_{GGS}(t)}{u_{GGS} * \eta_{GGS}}$$

$$E_{CO2}(t) = K_{CO2} * (u_{GGS} * f_{gas}(t))$$

Restricción:

$$P_{GGS}(t) \leq P_{GGSINST}$$



Problema de optimización

Modelo Generador Diésel (GD)

$$f_{diesel}(t) = \frac{P_{GD}(t)}{u_{Diesel} * \eta_{GDiesel}}$$

$$E_{CO2}(t) = K_{CO2} * (u_{Diesel} * f_{diesel}(t))$$

Restricción:

$$P_{GD}(t) \leq P_{GDINST}$$



Problema de optimización

Modelo Sistema de Almacenamiento BESS

$$E(t) = \max_{P_{BESS_{INST}}} - \frac{P_{BESS_D}(t)}{n_b} + P_{BESS_C}(t) * n_b \rightarrow t = 1$$

$$E(t) = E(t - 1) - \frac{P_{BESS_D}(t)}{n_b} + P_{BESS_C}(t) * n_b \rightarrow t \geq 1$$

Restricciones:

$$E(t) \leq P_{BESS_{INST}}$$

$$E(t) \geq 0.2 P_{BESS_{INST}}$$

$$P_{BESS_D}(t) \leq P_{BESS_{INST}}$$

$$-P_{BESS_C}(t) \leq 0$$

$$P_{BESS_D}(t) \geq 0$$

$$-P_{BESS_C}(t) \geq -P_{BESS_{INST}}$$



Problema de optimización

Ecuación de Balance

$$\begin{aligned} \text{balance}(t) &= P_{GD}(t) + P_{GGS}(t) + P_{PV}(t) - PV_C(t) + P_{MH}(t) - MH_C(t) + P_{WT}(t) - WT_C(t) + P_{BESS_D}(t) \\ &= DEMANDA(t) - ENS(t) + P_{BESS_C}(t) + D_{Bomba} * \text{Tiempo}_{ON}(t) \end{aligned}$$

Restricción:

$$ENS(t) \leq DEMANDA(t) + D_{Bomba} * \text{Tiempo}_{ON}(t) + P_{BESS_C}(t)$$

Ecuación de Balance del Proceso Productivo

$$\text{balancePP}(t) := \text{Nivel}_{\text{agua}}(t) = \text{Demanda}_{\text{agua}}(t) + \text{Agua}_{\text{nousada}}(t)$$



Problema de optimización

Modelo del Proceso Productivo

$$Nivel_{agua}(t) = Nivel_{max} - Demanda_{agua}(t) + Bombeo_{agua} * Tiempo_{ON}(t) \quad t = 1$$

$$Nivel_{agua}(t) = Nivel_{agua}(t - 1) - Demanda_{agua}(t) + Bombeo_{agua} * Tiempo_{ON}(t) \quad t \geq 1$$

Restricciones

$$Tiempo_{ON}(t) \leq 1$$

$$Nivel_{agua}(t) \leq Nivel_{max}$$

$$Nivel_{agua}(t) \geq Nivel_{min}$$

$$Agua_{nousada}(t) \leq Nivel_{max}$$



AGENDA:

- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y OBJETIVOS
- INTRODUCCIÓN
- METOLOGÍA DE PLANIFICACIÓN DE MICRORREDES CON PROCESOS PRODUCTIVOS
- CASO DE ESTUDIO
- ANÁLISIS DE RESULTADOS
- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES



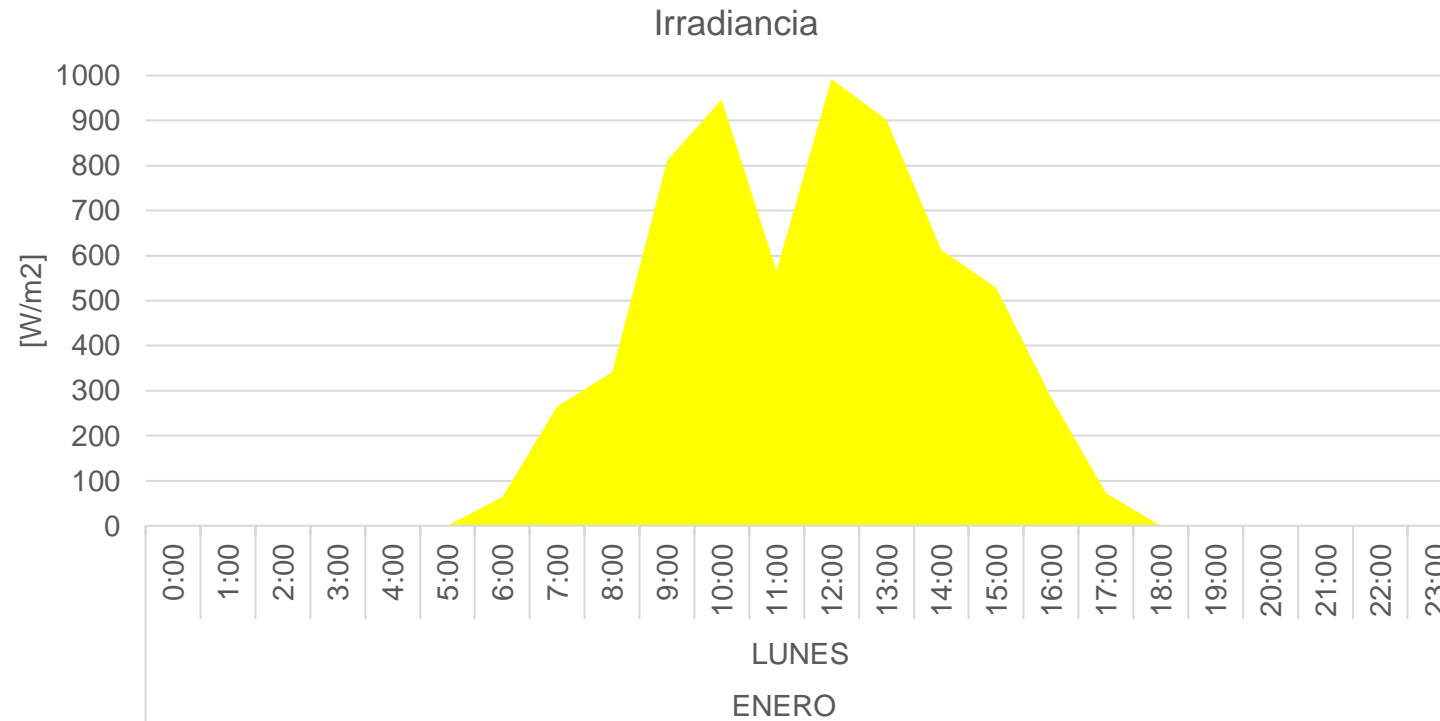
Localidad con Proceso Productivo

EL lugar específico, elegido para el desarrollo del caso de estudio es la comunidad rural de Los Laureles, perteneciente a la parroquia Sangay (Nayamanaca) del cantón Palora de la provincia de Morona Santiago del país Ecuador. Los Laureles tiene como coordenadas Latitud -1.7672° sur y Longitud -77.9764° oeste.



Estimación del Recurso Renovable

Recurso Solar



Estimación del Recurso Renovable

Recurso Eólico



Estimación del Recurso Renovable

Recurso Hídrico

Caudales Aproximado río Palora				
Mes	Q ambiente normal (m ³ /s)	Q Ambiente seco (m ³ /s)	Q amb Húmedo (m ³ /s)	Q min por 10 días consecutivos (m ³ /s)
ENERO	13,9	12,9	16,5	9,6
FEBRERO	14,3	14,1	16,5	10,2
MARZO	15,6	15,4	18,1	11,2
ABRIL	17,0	16,7	19,7	12,1
MAYO	18,1	17,9	21,4	12,9
JUNIO	20,8	20,5	22,9	14,9
JULIO	19,5	19,3	26,2	13,9
AGOSTO	17,2	16,9	24,6	12,2
SEPTIEMBRE	15,3	15,1	21,7	10,9
OCTUBRE	13,5	13,3	19,3	9,6
NOVIEMBRE	13,8	13,7	17,1	9,9
DICIEMBRE	13,1	13,6	16,7	9,8



Proceso Productivo

Existen 7 centros de acopio en la comunidad Los Laureles, estos centros de acopio son los encargados de recibir por medio de compra directa a los productores agrícolas, la fruta pitahaya, la cual se exporta a distintos puntos del mundo, la cual ha tenido acogida desde el año 2007.



Proceso Productivo

Demanda de agua de centros de acopio del mes de enero.



Proceso Productivo

Bomba para el llenado de agua



Bomba multietapas 3HP monofásica. XH3ME300

Disponibilidad: **Hay existencias**

[Comparar](#)

Descripción: Bomba de alta presión de 3HP monofásica
Característica especial: Motor 2 polos de alta eficiencia, trabajo continuo y uso pesado, alta presión.
Descripción comercial: Bomba multietapas 3HP monofásica
Marca: EVANS

Especificaciones Técnicas de la Bomba	
Tipo de Motor	Eléctrico
Potencia	3hp / 2237,1kW
RPM	3450
Voltaje	127/220V
Fase del Motor	Monofásico
Tipo de bomba	Semiindustrial
Flujo Óptimo	135 LPM
Altura Optima	34m
Diámetro de succión	1,24pulg
Diámetro de descarga	1pulg
Dimensiones	51x19x21,60 cm



Identificación de Problemas Energéticos

A través de un históricos de desabastecimiento eléctrico en la comunidad de Los Laureles y sus centros de acopio se identifica que, en los meses de mayor exportación de pitahaya, que son diciembre, enero, febrero, marzo, abril y mayo, se presentan más cortes de suministro eléctrico al momento que trabajan a plena carga, provocando problemas de producción, acumulando 95 horas de desabastecimiento eléctrico en los 6 meses, traducándose a pérdidas económicas.



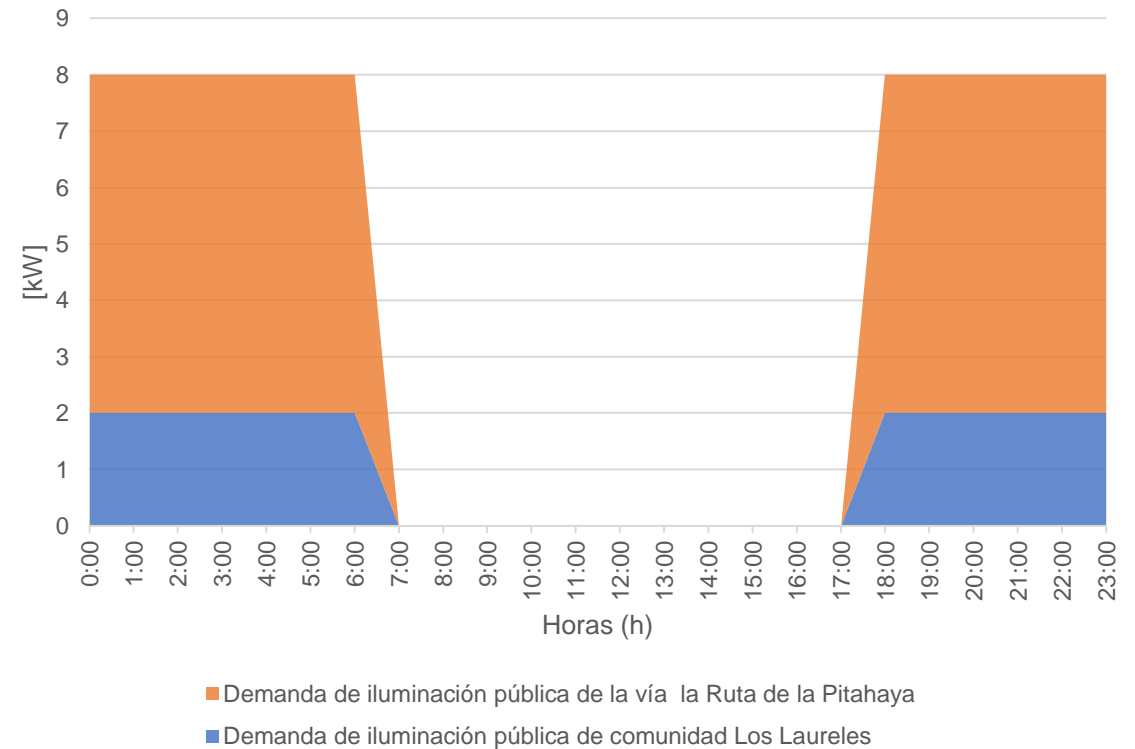
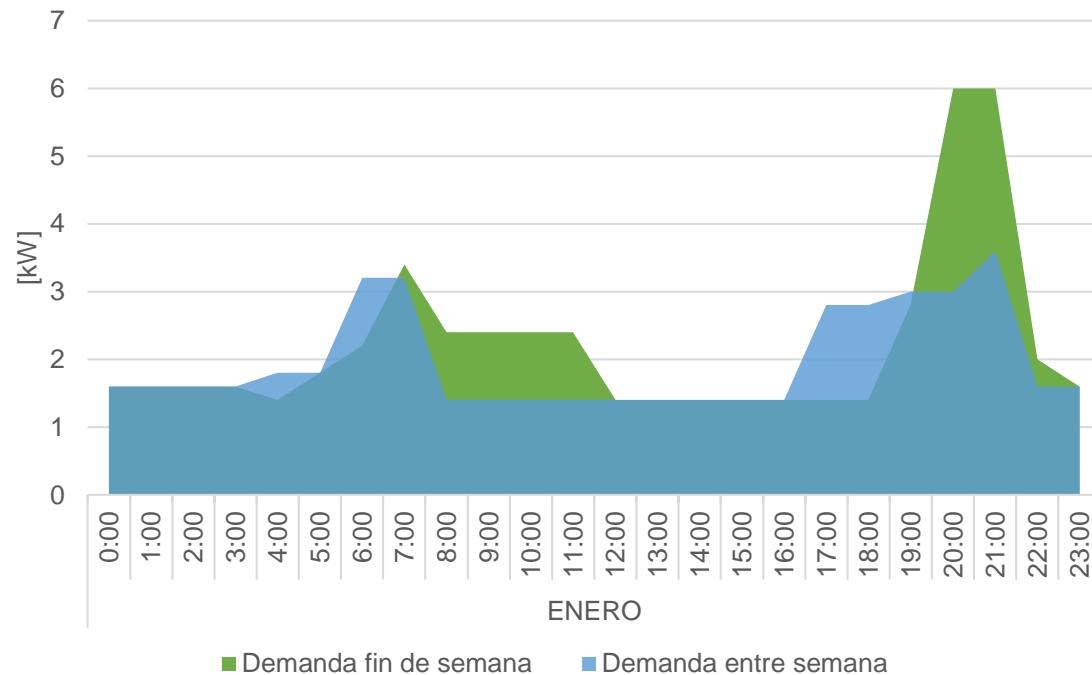
BLACKOUT



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

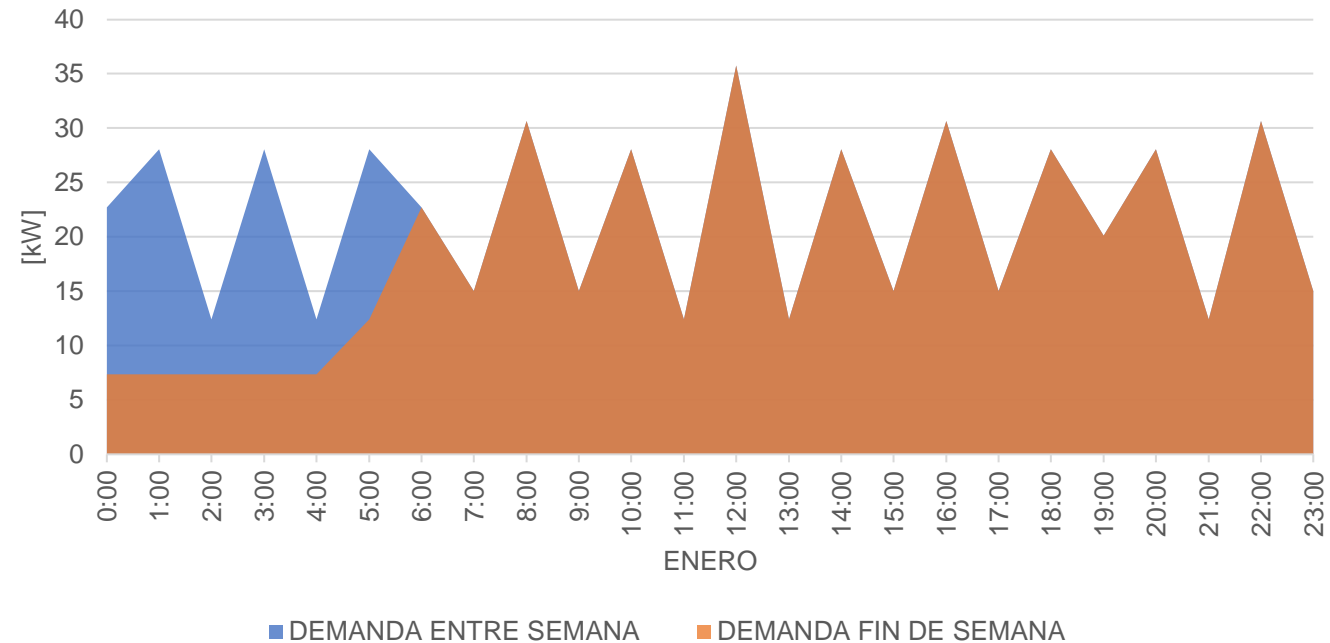
Requerimientos y caracterización de la Demanda de Energía Eléctrica

Existen diferentes perfiles de demanda eléctrica en la comunidad de Los Laureles, el primer perfil se trata de la demanda residencial, seguido de la demanda del alumbrado público, la tercera trata del perfil de las actividades productivas y finalmente se realiza un perfil total de la demanda de energía eléctrica requerida por la comunidad.



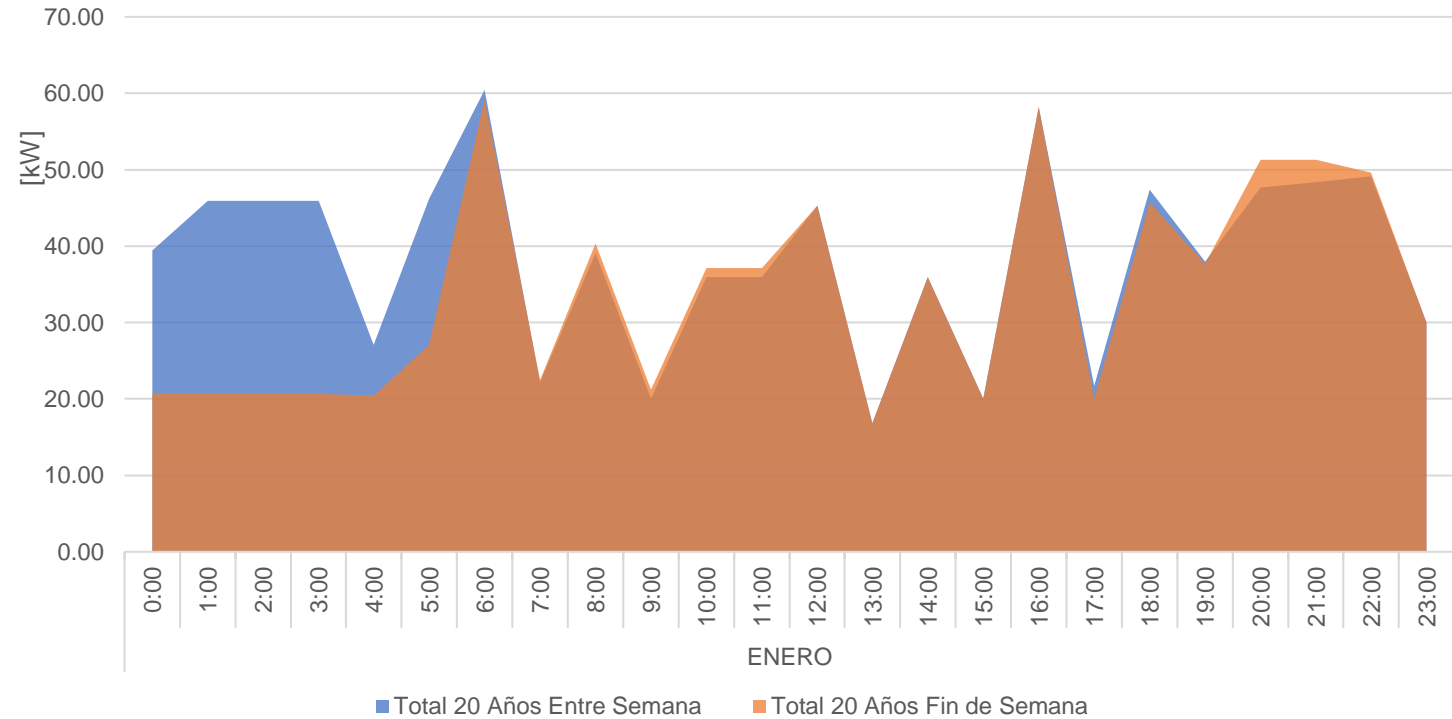
Requerimientos y caracterización de la Demanda de Energía Eléctrica

La demanda de las actividades productivas en los 7 centros de acopio responden a los niveles de exportación que existen en las temporadas de la pitahaya.



Requerimientos y caracterización de la Demanda de Energía Eléctrica

Para generar la curva de demanda total con la que se va a realizar la planificación de la microrred y siendo la entrada del problema de optimización propuesto, se procede a sumar de las curvas de demanda residencial, servicios públicos y actividades productivas, proyectada a 20 años



Problema de Optimización para la Planificación de una Microrred

Los costos por kW instalados [USD/kW]

$$C_{PV} = 871[USD/kW]$$

$$C_{BESS} = 1800[USD/kW]$$

$$C_{MH} = 3263[USD/kW]$$

$$C_{GGS} = 894[USD/kW]$$

$$C_{GD} = 448[USD/kW]$$

$$C_{WT} = 1266[USD/kW].$$

Los costos de operación [USD/kW]

$$C_{G_D} = 0.46[USD/kW],$$

$$C_{Gas} = 0.045[USD/kW] \text{ y}$$

$$C_{MH_{OP}} = 1.3 \times 10^{-3} [USD/kW],$$

Los costos de penalización [USD/kW] son:

$$C_{ENS} = 2[USD/kW]$$

$$C_{CURTAILMENT} = 0.5[USD/kW]$$



Problema de Optimización para la Planificación de una Microrred

Impuesto al carbono $C_{CO_2} \text{ USD}/1000\text{kg}=35$. Se fija un *presupuesto* = \$200 000 y $FRC=0.1627$ el cual se calcula a partir de la ecuación (5), para 10% de interés a 10 años plazo.

Para el modelo *PV* se tiene las siguientes características:

- Un rendimiento del inversor $n_{inversor}=0.983$, rendimiento panel $n_{panel}=0.191$ y un área de paneles total $A_{panel}=268.5 [m^2]$ en 165 paneles.
- El área fue delimitada a partir del terreno que las autoridades de la comunidad autorizarían para la colocación del parque solar.



Problema de Optimización para la Planificación de una Microrred

Para el sistema *WT* se modela con las siguientes características:

- El área total de las turbinas es $Area_{WT} = 56.52 [m^2]$ para 8 turbinas eólicas de radio $1.9 [m]$.

Para el modelo *MH* se modela con las siguientes características:

- La altura es $h = 1 [m]$, la eficiencia $n_{MH} = 0.85$, la densidad del agua $\rho = 1000 [kg/m^3]$ y gravedad $g = 9.81 [m/s^2]$.

Para el modelo *BESS* se consideran las siguientes características:

- La eficiencia de las baterías $n_b = 0.95$ con una profundidad de descarga del 80%.



Problema de Optimización para la Planificación de una Microrred

Para el cálculo de la huella de carbono se tiene que la densidad de energía del gas natural (poder calorífico) es de $u_{GGS} = 14.69 [kWh/kg]$, la densidad de energía del diésel (poder calorífico) es de $u_{GD} = 11.8 [kWh/kg]$, la eficiencia energética de GGS $n_{GGS} = 0.3$ y la eficiencia energética del GD es de $n_{GD} = 0.3$. y finalmente el factor de emisión de CO_2 es $K_{CO_2} = 0.5 \left[\frac{KgCO_2}{kWh} \right]$.



AGENDA:

- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y OBJETIVOS
- INTRODUCCIÓN
- MATERIALES Y METODOLOGIA
- DISEÑO DEL MEDIDOR
- ANÁLISIS DE RESULTADOS
- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES



Análisis de resultados

Para fines explicativos de los distintos resultados de inversión se han planteado 4 casos, los cuales para el Caso I y Caso II se consideran como posibles tecnologías de las siguientes unidades de generación: generación fotovoltaica (PV), eólica (WT), micro-hidro (MH), generador diésel (GD), grupo electrógeno de gas (GGS) y baterías (BESS). Por otra parte, el Caso III y Caso IV se tiene las siguientes tecnologías de generación: fotovoltaica (PV), micro-hidro (MH), generador diésel (GD) y baterías (BESS).



Análisis de resultados

POTENCIA INSTALADA	CASO I	CASO II	CASO III	CASO IV
P_PV [KW]	51,25630585	51,25630585	51,2563058	51,2563058
P_WT [KW]	1,752645886	1,09236932	0	0
P_MH [KW]	16,260075	16,260075	16,260075	16,260075
P_GD [KW]	9,96136483	0,018190775	35,4328892	33,409485
P_GGS [KW]	36,1302406	33,3874657	0	0
P_BESS [KW]	12,73336963	0	31,3097345	0
CI [USD]	\$159.602,91	\$128.940,35	\$169.932,32	\$112.668,32
ANUALIDAD: 1 AÑO	\$33.824,38	\$29.076,86	\$40.411,18	\$26.875,65
ANUALIDAD: 10 AÑOS	\$338.243,78	\$290.768,58	\$404.111,76	\$268.756,50



Análisis de resultados

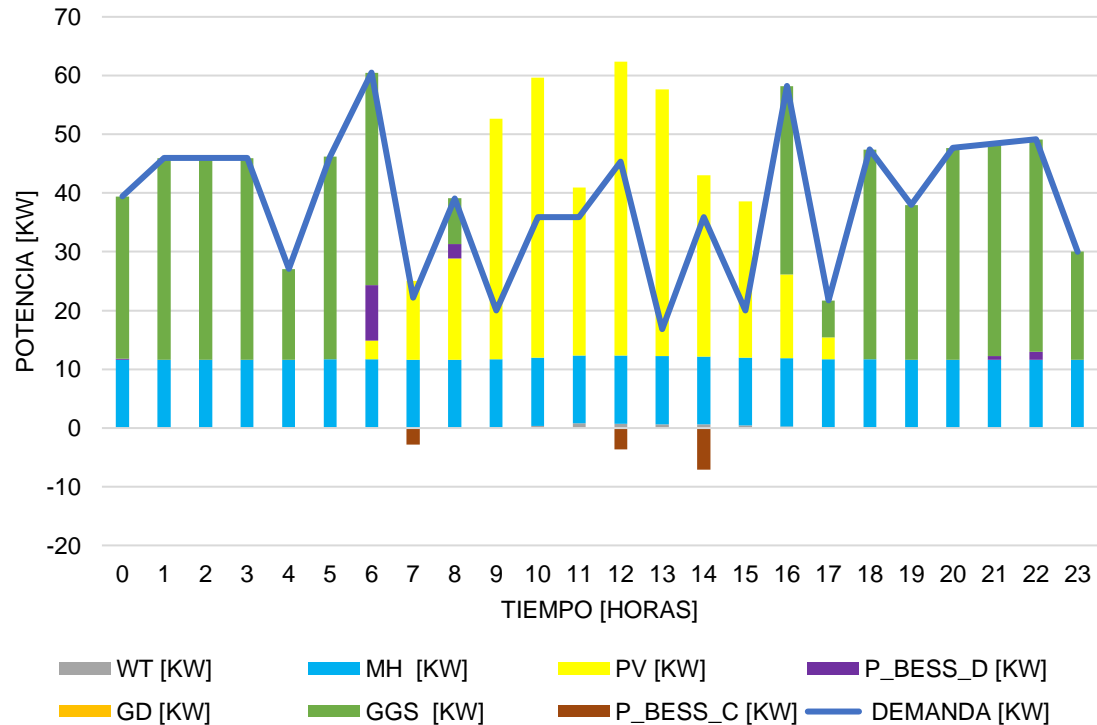
	<i>INVERSIÓN</i>	<i>672/8760 HORAS</i>	ANUALIDAD		<i>AHORRO EN 10 AÑOS</i>	<i>AHORRO TOTAL</i>
			<i>1 AÑO</i>	<i>10 AÑOS</i>		
CASO I	\$159.602,91	\$4.611,01	\$33.824,38	\$338.243,78	\$47.475,21	\$78.137,76
CASO II	\$128.940,35	\$4.308,74	\$29.076,86	\$290.768,58		

	<i>INVERSIÓN</i>	<i>672/8760 HORAS</i>	ANUALIDAD		<i>AHORRO EN 10 AÑOS</i>	<i>AHORRO TOTAL</i>
			<i>1 AÑO</i>	<i>10 AÑOS</i>		
CASO III	\$169.932,32	\$6.375,34	\$40.411,18	\$404.111,76	\$135.355,26	\$192.619,27
CASO IV	\$112.668,32	\$6.061,78	\$26.875,65	\$268.756,50		

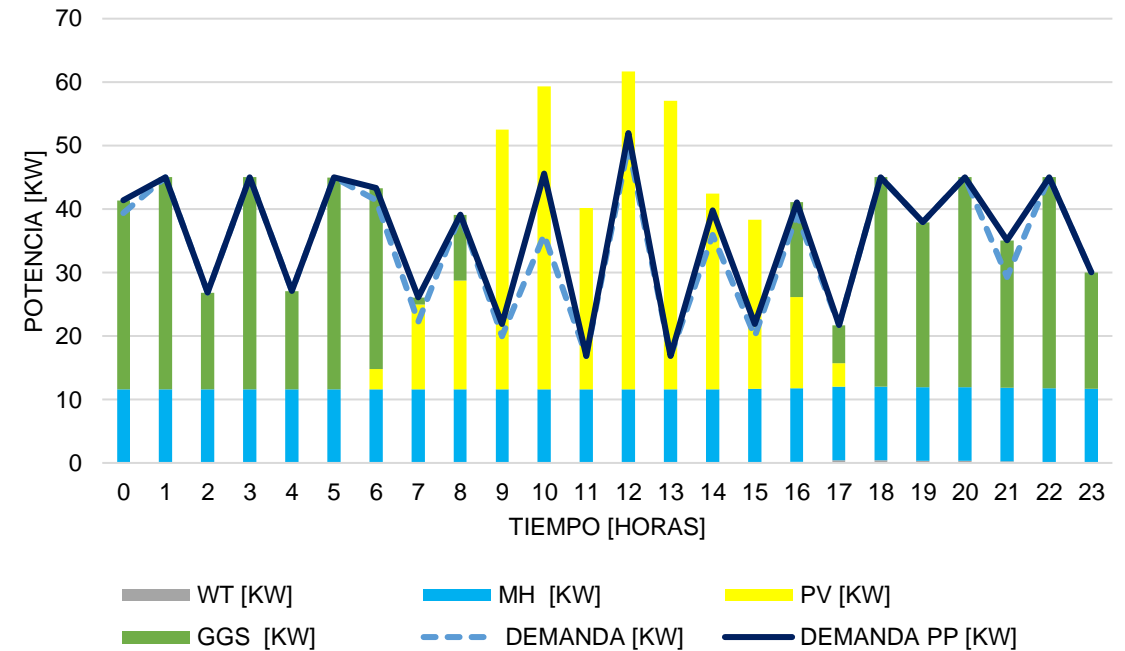


Análisis de resultados

Caso I escenario A: Operación de la microrred en un día típico de enero con demanda eléctrica del PP no gestionada.

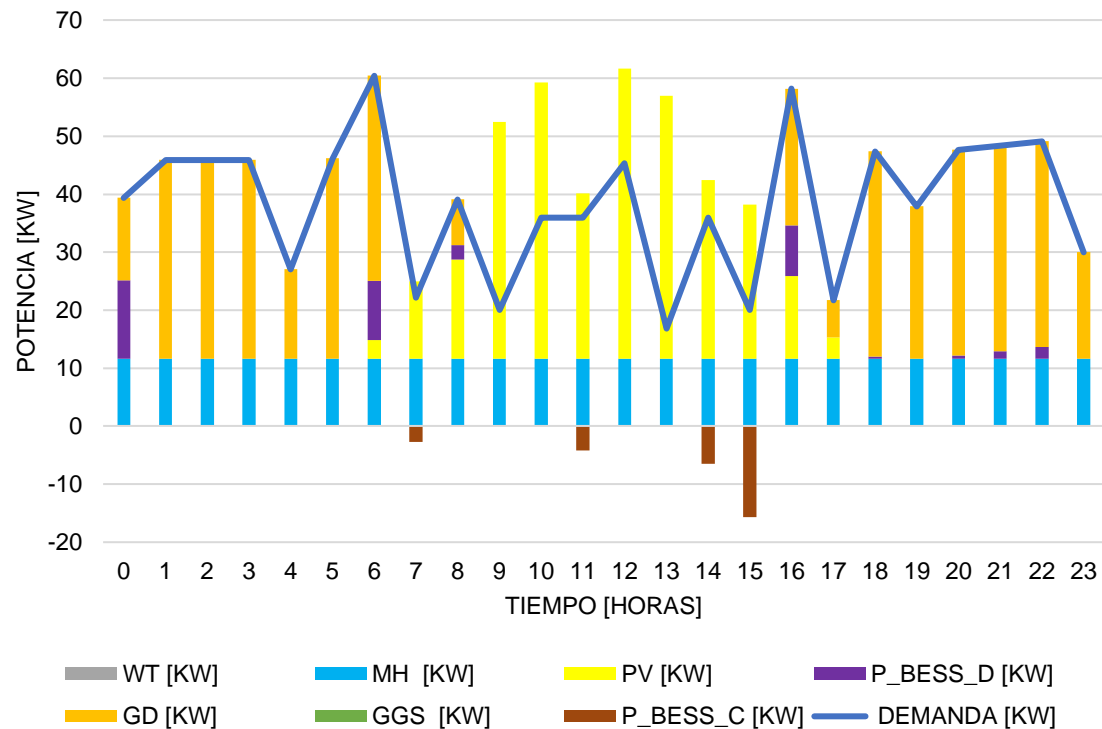


Caso II escenario A: Operación de la microrred en un día típico de enero con demanda eléctrica del PP gestionada.

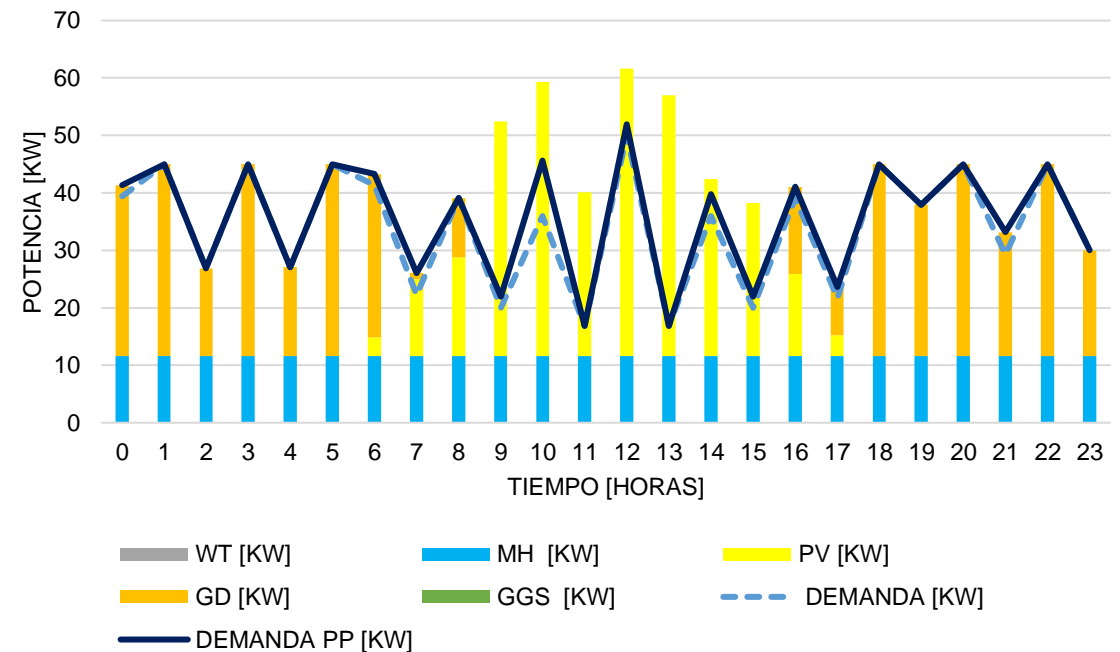


Análisis de resultados

Caso III escenario A: Operación de la microrred en un día típico de enero con demanda eléctrica del PP no gestionada.

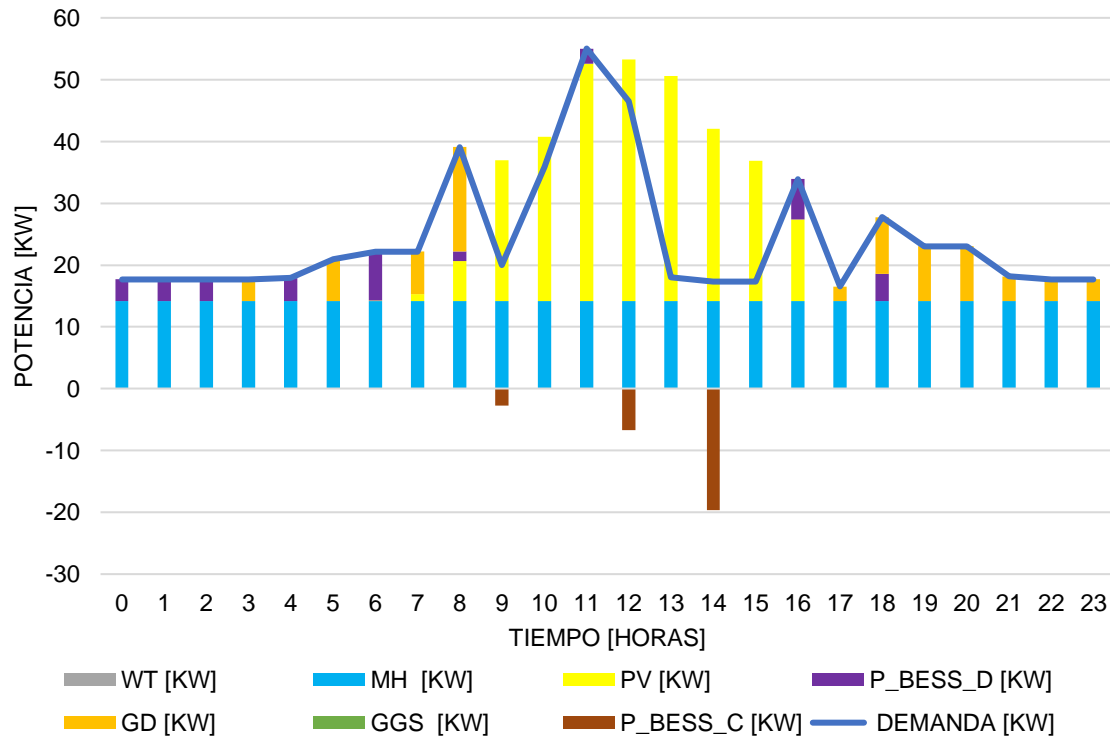


Caso IV escenario A: Operación de la microrred en un día típico de enero con demanda eléctrica del PP gestionada.

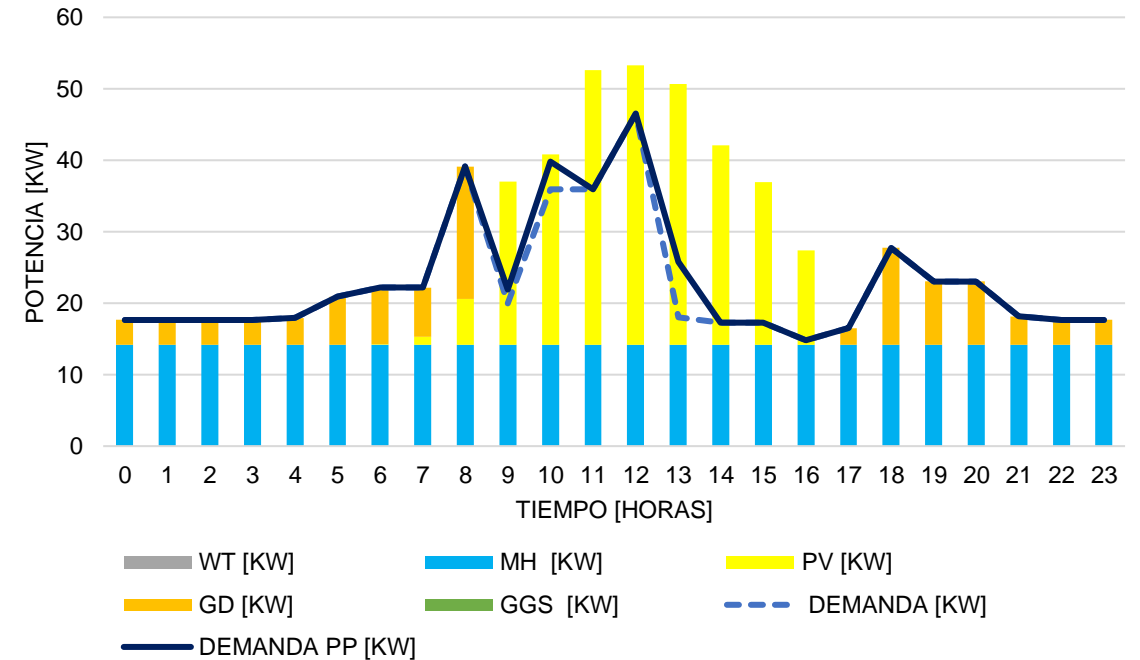


Análisis de resultados

Caso III escenario B: Operación de la microrred en un día típico de abril con demanda eléctrica del PP no gestionada.

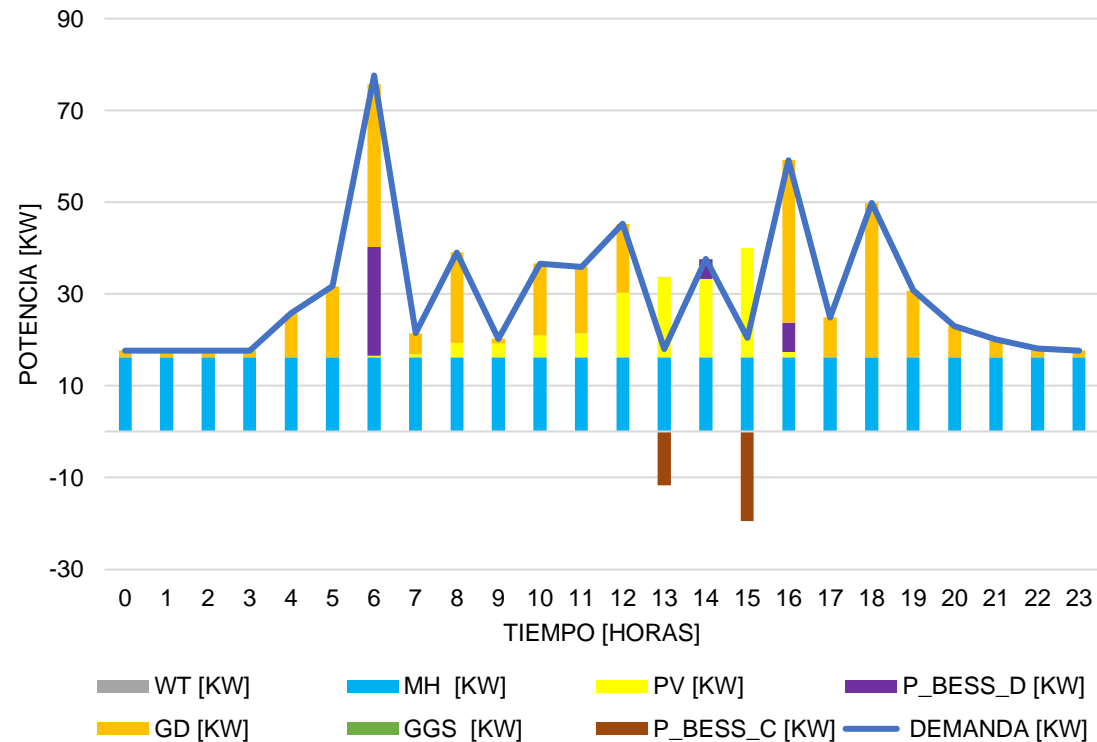


Caso IV escenario B: Operación de la microrred en un día típico de abril con demanda eléctrica del PP gestionada.

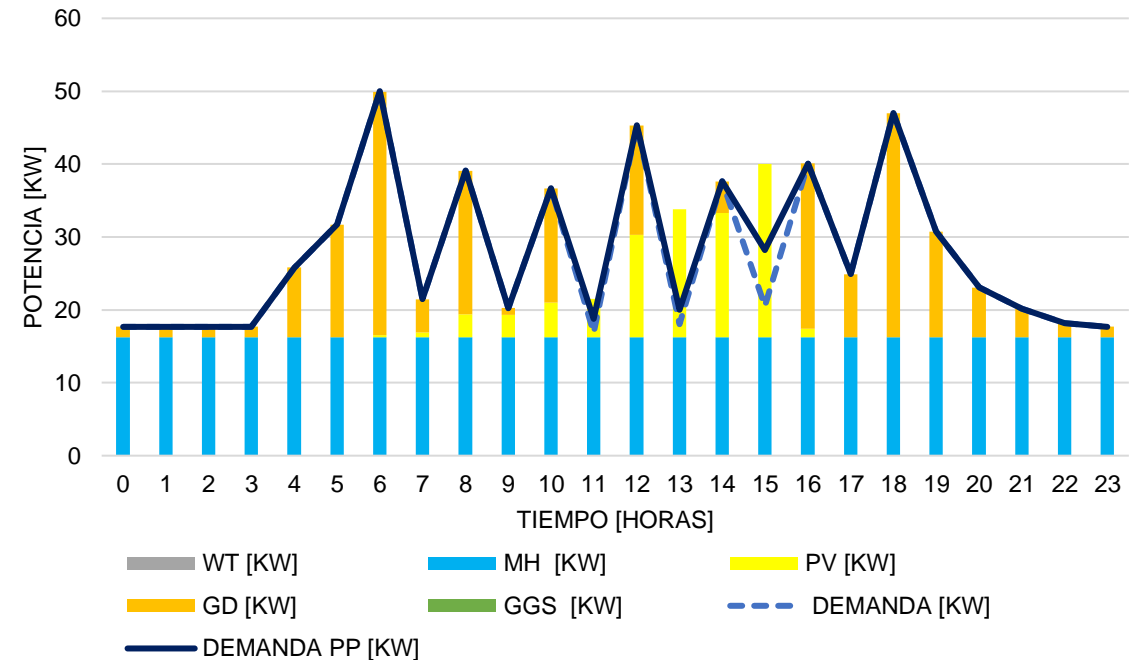


Análisis de resultados

Caso III escenario C: Operación de la microrred en un día típico de julio con demanda eléctrica del PP no gestionada.

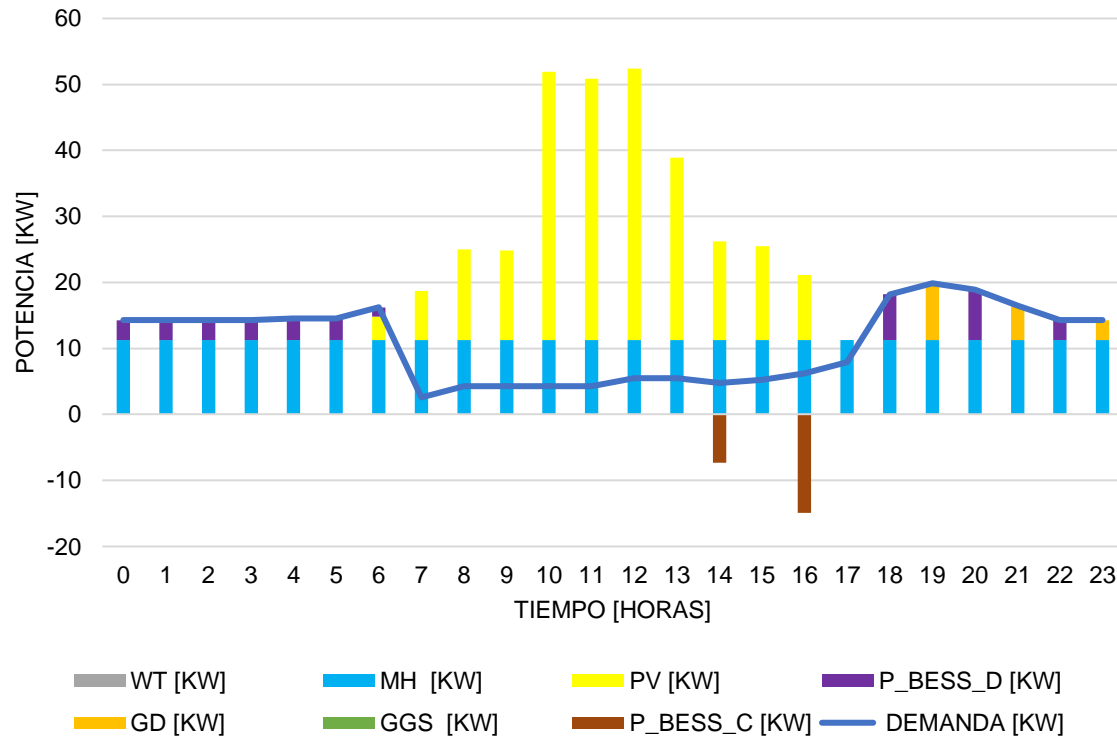


Caso IV escenario C: Operación de la microrred en un día típico de julio con demanda eléctrica del PP gestionada.

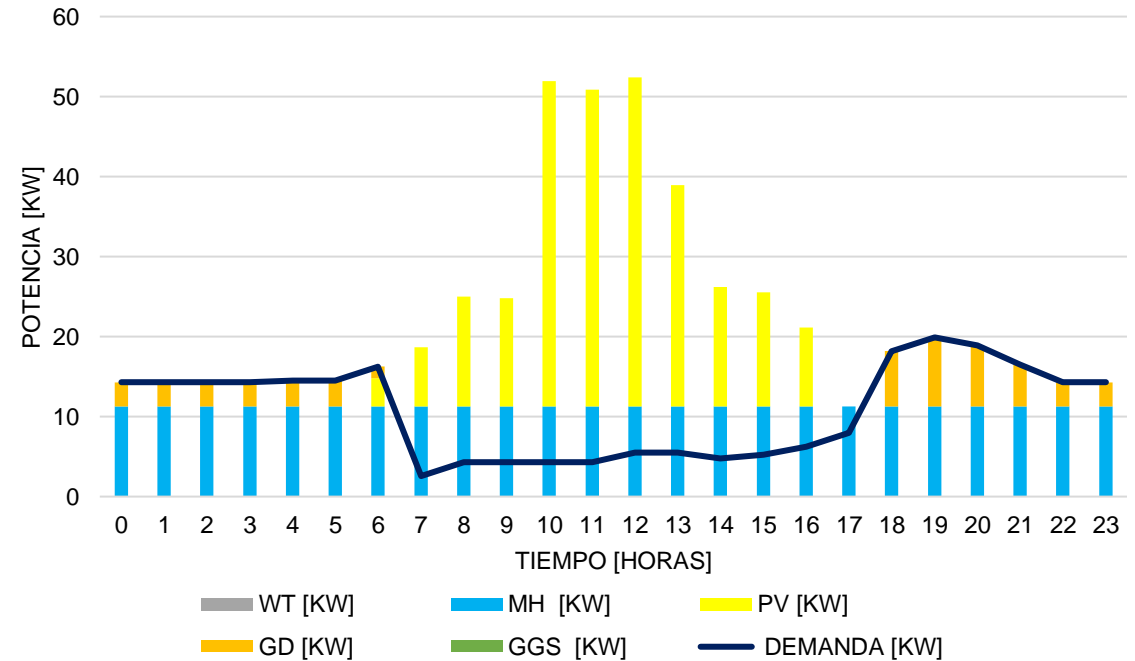


Análisis de resultados

Caso III escenario D: Operación de la microrred en un día típico de octubre con demanda eléctrica del PP no gestionada.



Caso IV escenario D: Operación de la microrred en un día típico de octubre con demanda eléctrica del PP gestionada.



Análisis de resultados

Resultados del Proceso Productivo

MES	DEMANDA DE AGUA [lt/día]	TIEMPO DE ENCENDIDO DE BOMBAS [horas/día] SIN OPTIMIZAR	TIEMPO DE ENCENDIDO DE BOMBAS [horas/día] CON OPTIMIZACIÓN	TEMPORADA DE PRODUCCIÓN DE PITAHAYA
ENERO	140000	3	2,22	ALTA P
FEBRERO	140000	3	2,22	
MARZO	140000	3	2,22	
ABRIL	49000	1,5	0,864	
MAYO	140000	3	2,22	MEDIA P
JUNIO	63000	2,25	1,111	
JULIO	63000	2,25	1,111	
AGOSTO	63000	2,25	1,111	BAJA P
SEPTIEMBRE	-	-	-	
OCTUBRE	-	-	-	
NOVIEMBRE	-	-	-	
DICIEMBRE	140000	3	2,22	ALTA P



AGENDA:

- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y OBJETIVOS
- INTRODUCCIÓN
- MATERIALES Y METODOLOGIA
- DISEÑO DEL MEDIDOR
- ANÁLISIS DE RESULTADOS
- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES



Conclusiones

- Se desarrolló e implementó una metodología capaz de realizar la planificación de una Microrred considerando los recursos renovables disponibles de la localidad y considerando la demanda eléctrica de los procesos productivos disponibles en la zona de Los Laureles perteneciente a la Parroquia de Sangay (Nayamanaca) ubicado en el cantón Palora, con la metodología propuesta se gestionó la demanda eléctrica de los procesos productivos en la localidad rural disminuyendo del tiempo de activación de las bombas de agua en comparación con la operación tradicional de estos equipos.
- La metodología propuesta fue validada al implementarla en la zona rural “Los Laureles” perteneciente a la Parroquia de Sangay (Nayamanaca) ubicado en el cantón Palora, los resultados muestran que al considerar en el modelamiento la disponibilidad de los recursos naturales y la demanda de los procesos productivos en la localidad, se reduce en un 25% el tiempo de activación de las bombas de agua asociadas a la producción de Pitajaya en la zona, debido a que esta demanda maximiza el aprovechamiento de la disponibilidad de los recursos energéticos (agua, irradiancia).



Conclusiones

- El resultado más favorable de la optimización de la planificación de Microrredes es el Caso IV, el cual posee el siguiente portafolio de tecnologías para el abastecimiento de la demanda que considera los procesos productivos, *PV* 51,25 [kW], *MH* 16,26 [kW] y *GD* 33,40 [kW], con un costo de inversión de \$112.668,32, una anualidad de \$26.875,65, y un valor al final del horizonte de \$268.756,50, llegando a tener un ahorro de anualidad del 20.5% en comparación con el caso base (Caso I).
- Con la Metodología de Planificación de Microrredes para procesos productivos se aplicó a un caso de estudio, en el cual se desarrolló en un horizonte de tiempo de 4 meses los cuales fueron enero, abril, julio y octubre, estos meses fueron seleccionados de acuerdo con la producción de los centros de acopio de la localidad, de los cuales enero y abril son meses con un índice de alto producción, julio es de media producción y finalmente octubre es de baja producción. Enero y octubre registra el recurso hídrico bajo mientras que el recurso solar es alto, en cambio, en los meses de abril y julio el recurso hídrico alto mientras que el recurso solar es bajo.



Conclusiones

- Para el Caso III y Caso IV se optó por no incluir las tecnologías de generación WT y GGS por las siguientes razones, la velocidad del viento en esa zona tiene un valor medio anual de 1.13 m/s siendo un valor muy bajo por lo que no es viable su uso para generar energía eléctrica. Además, la tecnología de generación GGS se requiere un suministro de gas natural, pero en la localidad rural no existe ductos de gas natural cercanos, por temas de distancia y costo se considera que no es viable.
- La metodología es lo suficientemente general como para ser aplicada a otras localidades considerando otros procesos productivos, con el propósito de maximizar el uso de recursos renovables y minimizar los costos de operación e inversión.



Recomendaciones

- Para la estimación del recurso energético se debe usar el año meteorológico típico que representa el comportamiento meteorológico típico de un lugar en un cierto periodo de tiempo que por lo general son varios años, en base a esto se puede descartar tecnologías de generación renovable que posea recursos insuficientes por lo que no serían viables para la planificación de la microrred.
- Para el modelo micro-hidro se recomienda considerar los datos históricos de caudales del afluente que se haya seleccionado para el respectivo análisis.
- Para la selección de la localidad rural se debe tomar en cuenta que tengan una organización o asociación de productores que facilite socializar la planificación de microrredes para los procesos productivos



Recomendaciones

- Se recomienda identificar cargas flexibles en la localidad electa, con el fin de determinar una demanda que sea controlable para optimizar el portafolio tecnológico de generación y minimizar los costos de inversión y operación.
- Se recomienda realizar la planificación de microrredes que consideren demanda de procesos productivos para un horizonte de tiempo mínimo un año para identificar variabilidad de estacionalidad y variabilidad del proceso productivo por temporada, con un mínimo de 4 casos diferentes para obtener el mejor portafolio económico.

