

**ESTRATEGIA DE RESPUESTA DE DEMANDA DE EMERGENCIA BASADO EN
EL ÓPTIMO DESPACHO DE ENERGÍA
DE UNA MICRO-RED TIPO HOSPITALARIA**



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE QUITO

CARRERA DE ELECTRICIDAD

**ESTRATEGIA DE RESPUESTA DE DEMANDA
DE EMERGENCIA BASADO EN EL ÓPTIMO
DESPACHO DE ENERGÍA DE UNA MICRO-
RED TIPO HOSPITALARIA**

Trabajo de titulación previo a la obtención del
Título de Ingeniero Eléctrico

AUTOR: HUGO RICARDO SANDOVAL ROSALES

TUTOR: EDWIN MARCELO GARCÍA TORRES

Quito -Ecuador

2022

Hugo Ricardo Sandoval Rosales

ESTRATEGIA DE RESPUESTA DE DEMANDA DE EMERGENCIA BASADO EN EL ÓPTIMO DESPACHO DE ENERGÍA DE UNA MICRO-RED TIPO HOSPITALARIA

Universidad Politécnica Salesiana, Quito – Ecuador 2022

Carrera de Electricidad

Breve reseña histórica e información de contacto.



Hugo Ricardo Sandoval Rosales (Y'1998). Realizó sus estudios de nivel secundario en el Colegio La Salle de Conocoto de la ciudad de Quito. Egresado de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Politécnica Salesiana. Áreas de interés: Generación distribuida, respuesta a la demanda, micro-redes, energía renovable.
hsandovalr@est.ups.edu.ec

Dirigido por:



Edwin Marcelo García Torres (Y'1978 – M'10). Se graduó en Ingeniería Eléctrica en la Universidad Politécnica Salesiana y de Master en Gestión de Energía. Actualmente se encuentra trabajando para su doctorado en Ingeniería con la Universidad Pontificia Bolivariana. Área de interés: respuesta a la demanda, sistemas de automatización. Actualmente es miembro del Girei (Grupo de Investigación en Redes Eléctricas Inteligentes - Smart Grid Research Group). Actualmente es profesor ocasional tiempo completo de la Universidad Politécnica Salesiana. egarcia@ups.edu.ec

Todos los derechos reservados:

Queda prohibida, salvo excepción prevista en la ley, cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública y transformación de esta obra para fines comerciales, sin contar con la autorización de los titulares de propiedad intelectual. La infracción de los derechos mencionados puede ser constitutiva de delito contra la propiedad intelectual. Se permite la libre difusión de este texto con fines académicos o investigativos por cualquier medio, con la debida notificación a los autores.

DERECHOS RESERVADOS

©2022 Universidad Politécnica Salesiana

QUITO - ECUADOR

**CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO
DE TITULACIÓN**

Yo, Hugo Ricardo Sandoval Rosales con documento de identificación N° 1717847840 manifiesto que:

Soy el autor y responsable del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Quito, 06 de septiembre del año 2022

Atentamente,



Hugo Ricardo Sandoval Rosales
1717847840

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO
DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Yo, Hugo Ricardo Sandoval Rosales con documento de identificación No. 1717847840, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del Artículo Académico: “Estrategia de respuesta de demanda de emergencia basado en el óptimo despacho de energía de una micro-red tipo hospitalaria”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Eléctrico, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 06 de septiembre del año 2022

Atentamente,



Hugo Ricardo Sandoval Rosales
1717847840

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Edwin Marcelo García Torres con documento de identificación N° 1803087400, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: ESTRATEGIA DE RESPUESTA DE DEMANDA DE EMERGENCIA BASADO EN EL ÓPTIMO DESPACHO DE ENERGÍA DE UNA MICRO-RED TIPO HOSPITALARIA, realizado por Hugo Ricardo Sandoval Rosales con documento de identificación N° 1717847840, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Artículo Académico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 06 de septiembre del año 2022

Atentamente,



Ing. Edwin Marcelo García Torres, Mtr
1803087400

ÍNDICE GENERAL

Resumen.....	1
1 Introducción	2
2 Micro-red.....	4
3 Generación distribuida.....	5
4 Micro-red con carga crítica	5
5 Programas de respuesta	5
5.1 Sistema de gestión.....	6
5.1.1 Planes de incentivo.....	6
5.1.2 Precio de pico crítico.....	6
5.1.3 Tiempo de uso	6
5.1.4 Precio en tiempo real.....	6
5.2 Despacho óptimo de recursos distribuidos	6
6 Modelos Matemáticos	6
6.1 Sistema fotovoltaico	6
6.2 Banco de baterías	7
6.3 Grupo electrógeno.....	7
6.4 Modelo óptimo lineal	8
7 Planteamiento del problema	8
7.1 Caso 1	9
7.2 Caso 2	10
7.3 Caso 3	11
7.4 Caso 4	11
7.5 Discusión.....	12
8 Conclusiones y recomendaciones.....	12
8.1 Trabajos futuros	13
9 Referencias.....	14
9.1 Estado del Arte.....	21

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Asignación de recursos	4
Figura 2.	Generación Distribuida	5
Figura 3.	Micro-red Hospitalaria.....	5
Figura 4.	Recursos energéticos convencionales CB.....	9
Figura 5.	Recursos energéticos diurnos.....	10
Figura 6.	Recursos energéticos horario nocturno.....	11
Figura 7.	Sistema de respuesta con almacenamiento energético	11
Figura 8.	Desconexión total.	12
Figura 9.	Matriz de estado del arte.....	21
Figura 10.	Resumen de Temática	33
Figura 11.	Formulación del problema	33
Figura 12.	Solución Propuesta.....	34

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Pseudocódigo Modelo óptimo lineal.....	9
Tabla 2.	Caso base (G1/G2/G3).....	9
Tabla 3.	Caso 1	10
Tabla 4.	Caso GGE	10
Tabla 5.	Caso 3	11
Tabla 6.	Desconexión local total.....	12

GLOSARIO DE TÉRMINOS

T_{cld}	Temperatura de la celda
T_{amb}	Temperatura ambiente
NCT	Condiciones de temperatura
G	Irradiación Solar
P_{cfs}	Potencia bajo condiciones de funcionamiento estándar
P_{ph}	Potencia de Salida de la celda
E_t	Potencia generada
S_t	Datos de radiación
M_{pv}	Capacidad de celda fotovoltaica
P_s	Generación solar en [MW]
a	Coefficiente de anulación
I^P	Costo de inversión en [\$/MW]
G^E	Costo de operación y mantenimiento
N	Vida útil
r	Tasa de interés
E_B	Energía del BESS
$E_G \rightarrow$	Energía de generación
η_B	Eficiencia de carga/descarga
$SOC_{(t-1)}$	Estado de descarga del BESS
P_{Ecs}	Energía de carga del sistema
η_c	Eficiencia de carga del BESS
η_d	Eficiencia de descarga del BESS
E_{De}	Demanda de energía eléctrica
E_{CS}	Energía de carga del sistema
V_b	Voltaje de batería
C_b	Capacidad del banco de baterías.
Ecd_{BESS}	potencia de carga/descarga de la energía almacenada.
PC_{BESS}	Potencia de carga del banco de baterías (positivo/carga-negativo/descarga).
η^1	Factor de pérdida y fuga del banco de baterías
η^c	Factor de pérdidas de carga del banco de baterías.
t	Índice de horas
P_{Gdi}	Potencia de salida del generador a diésel
a_i	Valor de costo asociado al arranque del motor
b_i	Costos de combustible por potencia generada
N_G	Cantidad de generadores
$COST_{genGE}$	Costo de generación de grupo electrógeno
$COST_{genBESS}$	Costo de generación BESS
$COST_{genFV}$	Costo de generación fotovoltaica
$COST_{O\&M,GE}$	Costo de operación y mantenimiento del grupo electrógeno
$COST_{O\&M,FV}$	Costo de operación y mantenimiento de paneles fotovoltaicos
$COST_{O\&M}$	Costo de operación y mantenimiento total

$COST_{O\&M,BESS}$	Costo de operación y mantenimiento de BESS
C_{GD}	Costos de energía de la red
C_{GSC}	Costos de generación distribuida sin carga/costo de generación
C_{GCI}	Costos de cierre/inicio
C_{ICD}	Costos de inicio de carga/descarga
C_{OCD}	Costos de operación de carga/descarga
P_{GD}	Energía de la red
SD_{NF}	Estado de encendido/apagado
SD_{CD}	Estado de carga/descarga

ESTRATEGIA DE RESPUESTA DE DEMANDA DE EMERGENCIA BASADO EN EL ÓPTIMO DESPACHO DE ENERGÍA DE UNA MICRO-RED TIPO HOSPITALARIA

Resumen

Este documento centra su investigación en el óptimo despacho energético para una carga de tipo preferencial como lo es un hospital, manteniendo un alto consumo energético durante las 24 horas del día. Para ello la demanda ha sido abastecida de manera que funcione como una red aislada utilizando una red fotovoltaica, grupo electrógeno y un banco de baterías. Además, se estableció la manera óptima de abastecer la demanda crítica modelando el comportamiento más parecido de la carga para estudiar a detalle la micro-red durante un caso de contingencia donde la carga sea privada de la red eléctrica local. Por lo tanto, se estableció que debido a la poca eficiencia que brinda las baterías y los paneles solares para abastecer una carga crítica, la mejor manera de despacho es utilizar los paneles solares para como fuentes de calefacción y calentadores de agua que representan menos del 8% del consumo total de la potencia, también se considera necesario el grupo electrógeno para satisfacer la fiabilidad del sistema, ya que es fundamental estar preparados ante una contingencia.

Palabras Clave: modelado de carga, baterías, carga, gestión de la energía administración del sistema de energía programación lineal

Abstract

This document focuses its research on the optimal energy dispatch for a preferential load such as a hospital, maintaining high energy consumption 24 hours a day. For this, the demand has been supplied in such a way that it works as an isolated network using a photovoltaic network, a generator set and a battery bank. In addition, the optimal way to supply the critical demand is established, modeling the most similar behavior of the load to study the micro-grid in detail during a contingency case where the load is deprived of the local electrical network. Therefore, it was ensured that due to the low efficiency that batteries and solar panels provide to supply a critical load, the best way to dispatch is to use solar panels for heating sources and water heaters that represent less than 8 % of the total power consumption, the generator set is also considered necessary to satisfy the reliability of the system, since it is essential to be prepared for a contingency.

Keywords: load modeling, batteries, loading, energy management, power system management, linear programming

1 Introducción

Actualmente con el crecimiento descontrolado de la humanidad y los limitados recursos, se busca la eficiencia en el consumo energético. Debido a ello se integran fuentes de generación centralizadas que permiten aprovechar energías renovables [1].

Las adversidades climáticas (temblores, tormentas e inundaciones) se puede presentar de manera inesperada, el principal objetivo de una micro-red es abastecer las cargas críticas aumentando la capacidad de recuperación de energía [2].

Los sistemas eléctricos de potencia (SEP) deben de contar con un sistema de control adecuado para administrar una micro red, debido que la energía generada por la micro red es almacena en baterías, si ocurriese un fallo de suministro eléctrico estas abastecerán las carga que tengan más importancias dentro del sistema eléctrico[3].

Es importante conocer la generación que puede llegar a tener la micro red, ya que se debe administrar la demanda de potencia que tienen las cargas ante una falla o contingencia inesperada [4]

La necesidad continua de mejorar la eficiencia de distribución de energía se puede lograr con una generación distribuida, debido a que tienen mejor respuesta a la curva de demanda y el comportamiento del usuario final de consumo [5]. Para solucionar cualquier tipo de contingencia se tiene varias soluciones o respuesta de demanda, como algoritmos de respuesta rápida que facilitan el despacho de potencia y elasticidad del precio de la demanda [4].

Varios autores proponen una solución para cada contingencia diferente basado en los distintos algoritmos de respuesta de demanda existentes como planes de incentivo a los consumidores finales (usuarios)

para que mejore la respuesta de demanda de una manera optimizada [6].

En la actualidad se utilizan muchos algoritmos para solucionar las diferentes curvas de demanda en tiempo real, así se logra tener un mercado de acuerdo con el rango de consumo basado en los datos históricos, para la optimización de una micro-red inteligente que despacha la energía necesaria. Por ende, no existe una pérdida excesiva en los recursos [7].

La confiabilidad y resiliencia en un hospital deben ser las mejores ya que se la considera una carga crítica dentro de un SEP, una de las preocupaciones en países desarrollados es la calidad de la energía y el continuo crecimiento de la demanda energética[8]

La creciente tendencia hacia una generación distribuida en comparación de una la generación tradicional como son las de uso de combustible fósil, es debido a la creación de redes inteligentes y también el aumento de Energías Renovables No Convencionales (ERNc) que utilizan nuevas tecnologías y modelos de mercado a los que hay que adaptarse [9]. Además, este proceso de cambios requiere de un sistema eléctrico de potencia más variable y flexible[10]

La generación combinada de calor y energía es considerada ampliamente como un objetivo estratégico para lograr ahorros significativos y una menor emisión de dióxido de carbono (CO₂) [11].

La energía eléctrica es una necesidad principal, la más pequeña falla representa pérdidas de ingresos y posibles pérdidas humanas para lo cual debemos tener un sistema confiable y seguro. Podemos aumentar la confiabilidad de nuestro sistema

colocando una micro red que abastezca cargas importantes [12].

La generación Distribuida se ha convertido en una opción muy rentable debido a su bajo costo de inversión y su gran beneficio medio ambiental que es el decrecimiento de la emisión de CO₂ [13].

La energía renovable tiene gran riesgo de incertidumbre, debido a ello se clasifican en tres modelos de optimización: método de optimización estocástica, método de optimización robusta y método de optimización de intervalos[14].

El modelo estocástico utiliza una serie de evento o acontecimientos para modelar la ejecución de un sistema, caracterizado por posibles caminos entre estados[15].

En [16] considera que el método de optimización por intervalos resulta ineficaz debido a que agrega incertidumbre y se puede llegar a elegir el rango insuficiente para la solución. Por otra parte, es una técnica sencilla y económica de modelado de optimización por incertidumbre [17].

En el peor escenario de operación de un sistema, la optimización robusta está

diseñada para generar un modelo de despacho solito ante un estado de contingencia extremo [18].

En la generación distribuida (GD) existen dos tipos de sistema de gestión (centralizado, descentralizado) para integrar alternativas de generación más económicas y de manera activa para los usuarios [19], [20]. Por lo tanto, se debe considerar el sistema de gestión para implementar los diferentes métodos de optimización, por ejemplo, steady state, Monte Carlo, enjambre de partículas, estocástica, para mejorar la calidad de energía en caso de fallas de energía en los sistemas de energía eléctrica de manera autónoma [21]–[23].

Una de las alternativas para mejorar la estabilidad de frecuencia es proporcionar un sistema de BESS. Además, para instalar un BESS se debe considerar los costos de estas como: precio de las baterías, características, topología de acoplamiento, panificación de tarifas de subsidio y adaptar los sistemas para la tecnología entrante [24]–[26].

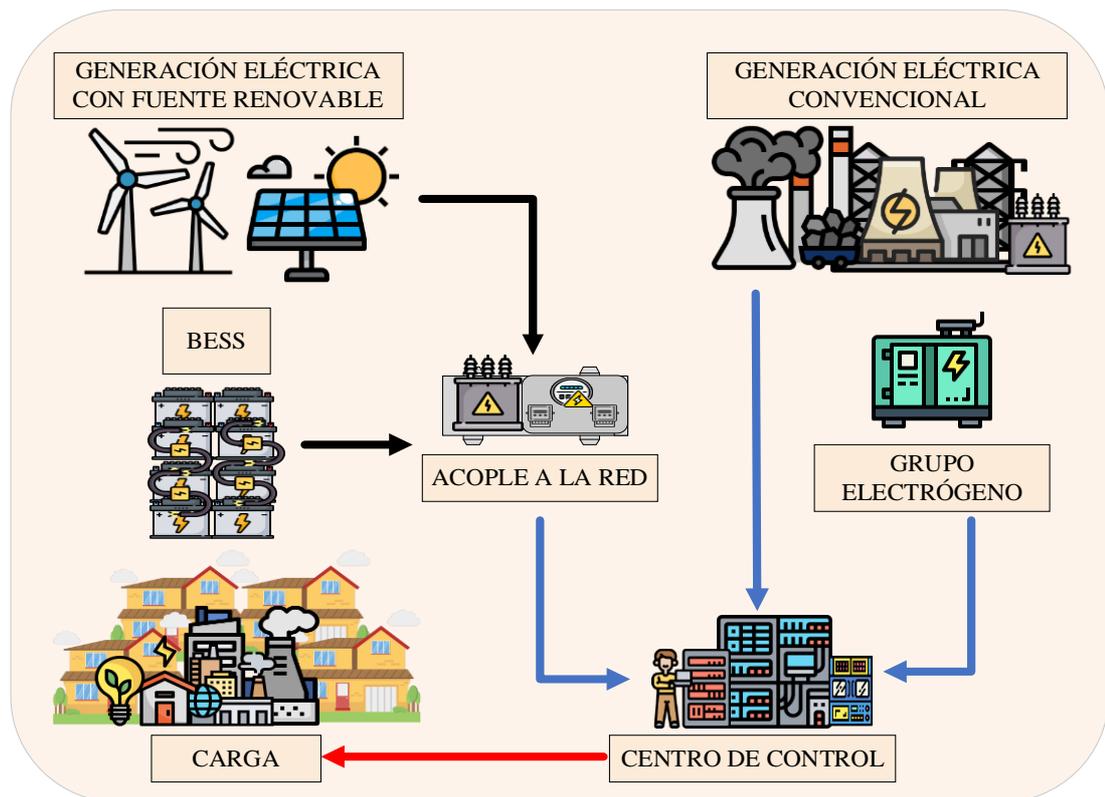


Figura 1. Asignación de recursos

2 Micro-red

La micro-red es una red inteligente constituida por unidades de almacenamiento de energía eléctrica, cargas y fuentes generadoras (fotovoltaica, eólica, hidráulica) que conjuntamente funcionan entre sí, favoreciendo a la integración de fuentes renovables sin descuidar la fiabilidad del sistema [27], [28].

La capacidad de la micro-red puede variar dependiendo de la estructura y del sistema a la cual vaya a ser conectado, los elementos de almacenamiento y sistemas de carga que mediante un acople logra conectarse a un sistema de generación distribuida [29].

La micro-red puede funcionar o ser conectadas de dos maneras:

- Modo Conectada

Es cuando la MR estará conectada a la red principal, y no será necesario que abastezca a la

demanda de todas las cargas, se le puede ver como un pequeño generador [30].

- Modo Isla

Esta forma es cuando la MR está conectada a la red de distribución, pero ante un fallo pasa a trabajar desconectada de la red y trabajar de forma autónoma, esta MR se puede aplicar a casos de desastres naturales o a una red débil, con el fin que ayuda con la confiabilidad y seguridad del SEP. La regulación de frecuencia y de voltaje es uno de los principales inconvenientes de este tipo de micro-redes [30], [31].

Estas dos maneras de conectar un sistema de MR están basados en fuentes de energías renovables, principalmente con la energía eólica y solar. Además, es necesario integrar una fuente de generación convencional debido a que es importante para asegurar la estabilidad y confiabilidad del sistema eléctrico [32].

3 Generación distribuida

Un concepto general de la generación distribuida es administrar ser una pequeña generación eléctrica cercana al usuario final, aprovechando nuevas tecnologías. Además, Este tipo de generación ya existía anteriormente que operaban con corriente continua lo que generaba dificultades con la tensión y la distancia del generador y el usuario final [33], [34].

Las principales características de la generación distribuida o también llamada generación descentralizada son [34]:

- Reduce pérdidas por transmisión y distribución.
- Uso de generadores de pequeñas potencias.
- Usos de recursos energéticos.

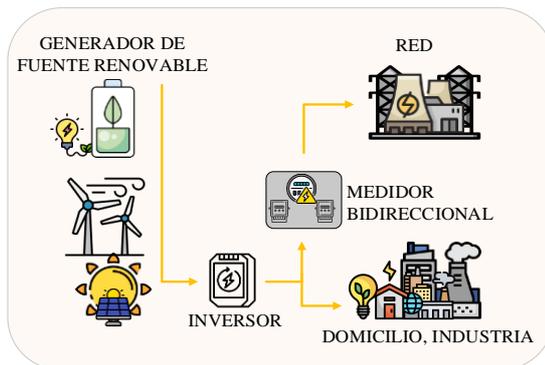


Figura 2. Generación Distribuida

4 Micro-red con carga crítica

La distribución eléctrica para un hospital debe tener un alto porcentaje de confiabilidad que brinde energía constante al sistema interno del hospital, teniendo un alto riesgo por pacientes en estado delicado el cual por cualquier falla de energía dentro del sistema puede ser crítico, por eso debemos encontrar el recurso energético óptimo que se va a constar en el desarrollo de la micro-red [35].

El punto más importante de la micro-red es abastecer de energía

constante al hospital por tal razón se consta que para aumentar confiabilidad al sistema se tiene que conectar en el punto de red dos diferentes tipos que entreguen energía al hospital. Aparte, la red que entra debe ser inteligente para la lectura de toda la micro red desde un punto de control y prevenir un fallo externo o interno de energía [36].

La prevención de fallos es muy importante para la creación de la micro red, por tal razón se debe usar recursos de alta tecnología que nos ayuden a nuestra red tener el control total desde cualquier punto conectado, encontrando un sistema de respuesta óptimo para el hospital [32].

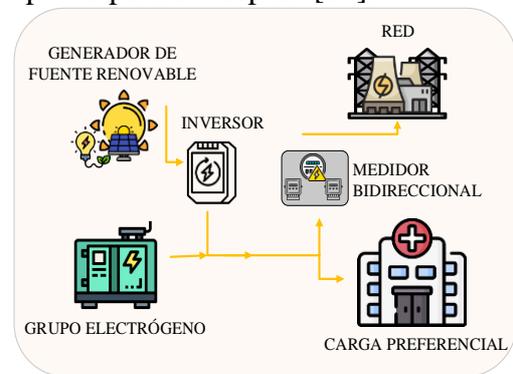


Figura 3. Micro-red Hospitalaria

5 Programas de respuesta

La respuesta a la demanda (RD) es el cambio en el consumo de electricidad, nivel de consumo, mediante incentivos o como respuesta al requerimiento del proveedor. Además, se aplican restricciones (costos, cortes de suministro) que deben ser aceptados anteriormente por el cliente para que puedan ser utilizados acorde a la empresa eléctrica distribuidora [4], [7].

Teniendo como finalidad la respuesta a la escasez de electricidad satisfaciendo la creciente demanda. También, es fundamental que la empresa distribuidora gestione detalladamente los datos del consumidor final como objetivo ayudar al cliente en la reducción de sus tarifas en sus planillas eléctricas [37].

5.1 Sistema de gestión

Los programas de respuesta a la demanda están relacionados directamente con la eficiencia energética y el consumo inteligente en horas pico o de alta demanda energética. Además, permite al usuario interactuar directamente en el mercado energético debido a puede elegir su reducción de consumo en situaciones de energía o costos elevados [38].

Un requisito fundamental para un DR es contar con un medidor inteligente que ajuste con la variación de precios en el tiempo [39]. Por otro lado, para mejorar la respuesta a la curva de demanda se debe tomar en cuenta las siguientes condiciones:

5.1.1 Planes de incentivo

En casos de emergencia, donde la energía sea escasa y sea necesario proveer cargas primarias como un hospital los usuarios que han establecido algún tipo de convenio o plan de incentivo con la empresa distribuidor del mismo modo son voluntarios para desconectarse o despachar energía a la red principal [40], [41]. Por lo tanto, los usuarios acceden a un tipo de remuneración que debe ser detallada en planillas próximas.

5.1.2 Precio de pico crítico

Es una alternativa para establecer el precio de la electricidad durante un precio máximo crítico (CCP) relacionando el costo de generación y compra de electricidad. Por lo tanto, su funcionamiento es aliviar el suministro energético durante la alta demanda energética en las horas pico críticas [42]–[44].

5.1.3 Tiempo de uso

El tiempo de uso (TOU) es utilizado para cambiar las características eléctricas del usuario respondiendo a la curva de demanda mejorando la

condición de carga. Además, permite involucrar al usuario de manera que evalúa el precio TOU para el ajuste razonable del precio relativo en función del estudio de los períodos pico y valle [45], [46].

5.1.4 Precio en tiempo real

Un medidor inteligente encargado de aplicar conjuntamente las diferentes alternativas para dar solución a la curva de demanda al integrar una generación distribuida. Por lo tanto, proporciona la mejor alternativa programada para ajustar la tasa de lectura de medidor y la precisión de control del sistema [47], [48].

5.2 Despacho óptimo de recursos distribuidos

En un sistema eléctrico de potencia siempre se buscará un despacho óptimo, donde se tiene dificultades financieros, sociales, medioambientales y operacionales, además teniendo en cuenta el marco legal regulatorio de cada país [49].

La parte económica de un despacho óptimo es una de las características más importantes para lograr el rendimiento óptimo de un sistema, el modelo con el cual va a ser planteado dependerá de los parámetros que escojamos [50].

6 Modelos Matemáticos

Para gestionar un sistema eléctrico en el cual se quiere ingresar una fuente sea ecológica o no, es importante modelar matemáticamente los sistemas de manera muy similar para que su respuesta sea la más parecida. Además, se requiere de fuente convencional que aporte la confiabilidad necesaria para que la carga sea funcional y autónoma[51], [52].

6.1 Sistema fotovoltaico

En la actualidad el desarrollo de energía renovable tiene un gran auge centrándose en el uso de paneles

fotovoltaicos (PV) para una generación aislada [53]. En consecuencia, a la creciente demanda, la contaminación ambiental y la falta de recursos [54].

Se considera que la energía solar es una de las más limpias además de ser inagotable. Sin embargo, para crear los paneles con su compleja electrónica no dejan de ser potenciales contaminantes [10].

El principal objetivo de la generación de energía fotovoltaica es el brindar el servicio eléctrico en sectores donde es imposible el acceso a la red principal [55].

En la generación por un sistema fotovoltaico tenemos varios factores que inciden en su eficiencia, las ecuaciones (1) y (2) describen estas características [56].

$$T_{cld} = T_{amb} + NOCT - 20/800 * G \quad (1)$$

$$P_{cf} = G/1000 [1 + (T_{cld} - 25)] \quad (2)$$

Las celdas fotovoltaicas en la ecuación (3) describen la energía generada [10].

$$E_t = 3.24 \cdot M_{pv} [1 - 0.0041(T_t - 8)] S_t \quad (3)$$

La función de costos se describe en las ecuaciones (4) y (5) para la generación PV [57][58].

$$F(P_s) = (a \cdot I^p \cdot P_s) + (G^E \cdot P_s) \quad (4)$$

$$a = r / [1 - (1 + r)^{-N}] \quad (5)$$

6.2 Banco de baterías

Un banco de baterías (BESS) brinda un respaldo de energía reemplazando la fuente de energía principal, en casos de contingencia o corte energético [59], [60].

La ecuación (6) describe el estado de carga de un BESS en cualquier momento en el tiempo [61].

$$E_B(t) = E_B(t-1) + \eta_B * (E_G(t) + E_L(t)) \quad (6)$$

En [62] describe las ecuaciones del modelo de BESS para determinar el estado de carga y descarga durante el día.

$$SOC_{(t)} = SOC_{(t-1)} + \left(P_{Ecs} * \eta_c - \frac{P_{Ed}}{\eta_d} \right) \Delta t \quad (7)$$

El estado de carga (SOC) muestra la cantidad de energía eléctrica almacenada para ser suministrada caso de necesidad [63].

$$SOC_{(t)} = SOC_{(t-1)} \frac{E_{cs}(t) * E_{De}(t)}{V_b * C_b} \quad (8)$$

Finalmente, en [64] tenemos el funcionamiento de la batería, demostrado como:

$$Ecd_{BESS(t-1)} = \{ Ecd_{BESS} - (\Delta t * P_{CBESS}) - (|P_{CBESS}| * \eta^c * \Delta t) - (Ecd_{BESS} * \eta^1 * \Delta t) \} \quad (9)$$

6.3 Grupo electrógeno

Un grupo electrógeno se compone de un generador de combustión interna generalmente a base de diésel, se usan como unidades de respaldo en sectores aislados debido a su sencilla instalación y rápida respuesta [65]. Por otro lado, se los considera poco eficientes y contaminantes por funcionar con combustibles fósiles [66].

La generación por diésel se describe en la ecuación (10) en función de costos [10].

$$C_i(P_{Gdi}) = \sum_{I=1}^{NG} a_i + b_i P_{Gdi} + C_i P_{Gdi}^2 \quad (10)$$

6.4 Modelo óptimo lineal

Se puede modelar el sistema mediante el diseño de un controlador basado en una serie de predicciones restringidas por la variable del tiempo. Así también, se propone un comportamiento similar al modelo físico a controlar para priorizar su exactitud [67], [68].

Se requiere de una solución óptima para el despacho de energía en el sistema, debido a que la función debe establecer los costos mínimos para la generación de energía. Por lo tanto, se aprovecha los costos mínimos de generación de energía durante su funcionamiento programado [69].

En [70] establece que la suma de los costos de energía de MR determina el costo total del suministro energético como función para minimizar el costo de generación. La función objetivo se muestra a continuación:

$$Min: OF = \sum_s F_s \quad (11)$$

$$F_s = \sum_i^{F_s} COST_{genTG} + \sum_m (C \times P_{buy,sm} - d \times P_{sell,sm}) + COST_{O\&M.s} \quad (12)$$

$$COST_{genTG} = COST_{genGE} + COST_{genFV} + COST_{genBESS} \quad (13)$$

$$COST_{O\&M.s} = COST_{O\&M,GE} + COST_{O\&M,FV} + COST_{O\&M,BESS} \quad (14)$$

En [71], muestra la función encargada de reducir costos asociados por almacenamiento de energía y costos de operación basado en un ajuste del precio mediante la red pública.

$$Min \sum_{t=1}^T \left\{ C_{GD} P_{GD} + \sum_{GD=1}^{NGD} [S_{GD} C_{GSC} + P_{GD} C_{GCI} + SU_{GD} C_{OCD} + SD_{GD} C_{ICD}] + \sum_{ES=1}^{NES} [C_{GSC} (SD_{NF} + SD_{CD}) + C_{ICD} (S_D + S_C)] \right\} \quad (15)$$

7 Planteamiento del problema

En la siguiente respuesta de asignación de recursos energéticos, se da solución mediante una heurística la cual basa su resolución en el modelo de respuesta lineal a la demanda utilizado para predecir el comportamiento del consumo de electricidad.

Para continuar con la investigación, primero se debe modelar una carga la cual esté abastecida de tres fuentes (primaria, fotovoltaica, BESS y grupo electrógeno), segundo aplicar el modelo óptimo lineal, tercero generar eventos de fallas para cada una de las fuentes de energía estableciendo costos y considerando parámetros como voltaje, corriente y frecuencia.

En este caso inicial, es el conjunto de fuentes de energía eléctrica siendo tres redes primarias (G1/G2/G3) que abastecen la curva de demanda en el día de una carga preferencial tipo hospitalaria mientras están apagadas (GFV/GGE/GBESS).

Tabla 1. Pseudocódigo Modelo óptimo lineal

Algoritmo Modelo óptimo lineal	
Paso 1: Inicio y llamado	$i = 1, j = 1 \text{ y } t = 1$
Paso 2: Calcular	$E_{FV}, E_{GE}, E_{BESS}, E_{LOAD}, E_S, P_{min_{FV}}, P_{max_{FV}}, P_{min_{GE}}, P_{max_{GE}}$
Guardar	$E_{FV}, E_{GE}, E_{BESS}, E_{LOAD}, E_S, P_{min_{FV}}, P_{max_{FV}}, P_{min_{GE}}, P_{max_{GE}}$
Paso 3: while $i \leq i_{max}$ Do	while $j \leq j_{max}$ Do
	calcular: $\Delta E^{ij}, \Delta E$
	guardar: $P_{FV}, P_{GE}, \Delta E$
	calcular: S
	$j \leftarrow j + 1$
end while	$i \leftarrow i + 1$
end while	
Paso 4: while $j \leq j_{max} + 1$ Do	while $i \leq i_{max} + 1$ Do
	calcular: $\Delta E_{min}^j, P_{min_{FV}}^j, P_{min_{GE}}^j$
	$i \leftarrow i + 1$
	$MIN CT = \sum_{i=1}^n C_i(E_{Si})$
while $E_{FV} + E_{GE} + E_{BESS} = E_{LOAD}$	$[V_{min}] \leq V \leq [V_{max}]$
	$[S_{i,j}] \leq [S_{max}]$
	$[Q_{min}] \leq [Q_i] \leq [Q_{max}]$

Tabla 2. Caso base (G1/G2/G3)

CASO BASE (G1/G2/G3)			
HORA	G1	G2	G3
0	150	100	50
1	150	100	50
2	150	100	100
3	150	100	150
4	150	100	200
5	150	150	200
6	150	200	200
7	161,249	238,751	200
8	181,405	268,595	200
9	201,561	298,439	200
10	221,717	328,283	200
11	241,873	358,127	200
12	249,936	370,064	200
13	253,967	376,033	200
14	262,029	387,971	200
15	262,029	387,971	200
16	201,561	298,439	200
17	161,249	238,751	200
18	150	150	200
19	150	100	150
20	150	100	100
21	150	100	50
22	150	100	50
23	150	100	50

En la figura 4, podemos observar como la generación por (G1/G2/G3) abastecen 30,8269%, 45,6436%, 23,5294%, respectivamente siendo las redes eléctricas locales resultan suficiente para abastecer la demanda de la carga crítica durante el día sin interrupción y en caso de corte inesperado por alguna generación local se tiene dos redes que abastecerán la carga debido a que se considera que la topología de estas tres redes son de tipo barramiento.

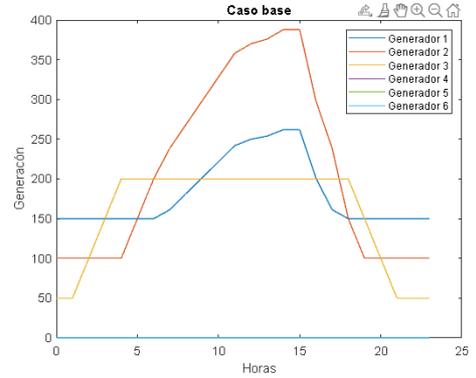


Figura 4. Recursos energéticos convencionales CB

Es importante abastecer la carga crítica (hospitalaria) debido a que esta presenta grandes cantidades de consumo de potencia constante durante el día y la noche. Por lo tanto, es necesario gestionar los recursos energéticos para lograr abastecer de manera óptima.

Para continuar con la investigación se proponen diferentes casos mostrados a continuación.

7.1 Caso 1

Para el caso 1 la curva de demanda crítica se abastecerá mediante la red local (G1/G2) y los paneles solares (GFV) mientras la red primaria (G3) y la generación del grupo electrógeno y baterías permanecen fuera de servicio (GGE/ GBESS).

Tabla 3. Caso 1

CASO 1 (G1/G2/GFV)			
HORA	G1	G2	GFV
0	150	100	25
1	150	100	50
2	150	100	100
3	150	150	100
4	150	200	100
5	161,751	238,751	100
6	181,405	268,595	100
7	201,561	298,439	100
8	221,717	328,283	100
9	241,873	358,127	100
10	262,029	387,971	100
11	300	400	100
12	320	400	100
13	330	400	100
14	350	400	100
15	350	400	100
16	241,873	358,127	100
17	201,561	298,439	100
18	161,751	238,751	100
19	150	150	100
20	150	100	100
21	150	100	50
22	150	100	25
23	150	100	25

En la figura 5, se muestra el abastecimiento de la red local (G1/G2) de 41,1764%, 47,0588%, respectivamente para abastecer la mayor cantidad de potencia y en el mejor de los casos abastece un máximo de 11,7646% durante el día, ya que en el horario nocturno debido a que el abastecimiento por paneles fotovoltaicos (GFV) resultar ser nulos.

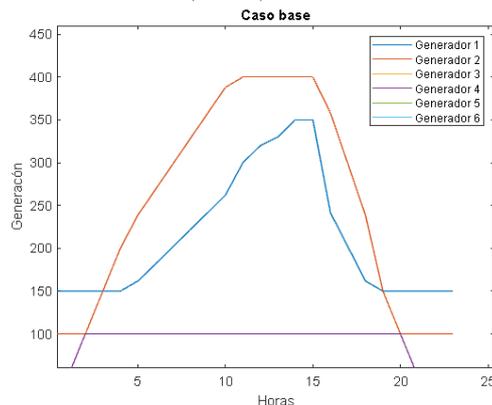


Figura 5. Recursos energéticos diurnos.

En este caso para abastecer una carga de tipo preferencial resulta ineficiente durante la noche debido a que una carga crítica hospitalaria

permanece con altos consumos durante día y noche. Por lo tanto, se podría distribuir la energía del panel solar para abastecer ciertos puntos dentro del hospital como calefactores, aire acondicionado o cargas pequeñas que puedan ser utilizadas durante las horas soleadas o de mayor potencia.

7.2 Caso 2

Para el caso 2 se abastecerá la carga crítica mediante la red local (G1/G2) y el grupo electrógeno (GGE) mientras la red primaria (G3) y la micro-red de paneles solares y banco de baterías permanecen fuera de servicio.

Tabla 4. Caso GGE

CASO 2 (G1/G2/GGE)			
HORA	G1	G2	GGE
0	150	100	50
1	150	100	50
2	150	100	100
3	150	100	150
4	150	100	200
5	150	100	250
6	150	100	300
7	150	100	350
8	150	100	400
9	150	100	450
10	150	100	500
11	150	150	500
12	150	170	500
13	150	180	500
14	150	200	500
15	150	200	500
16	150	100	450
17	150	100	350
18	150	100	250
19	150	100	150
20	150	100	100
21	150	100	50
22	150	100	50
23	150	100	50

En la figura 6 se muestra el abastecimiento de la red local (G1/G2) de 17,6470%, 23,5294%, respectivamente para abastecer de potencia durante el horario nocturno debido a que el abastecimiento por de la red local resulta ser más costoso durante la mañana en horas pico. Por lo tanto, se decidió hacer funcionar el grupo electrógeno durante ciertas horas

de la noche donde la energía es menos costosa abasteciendo el 58,8235%.

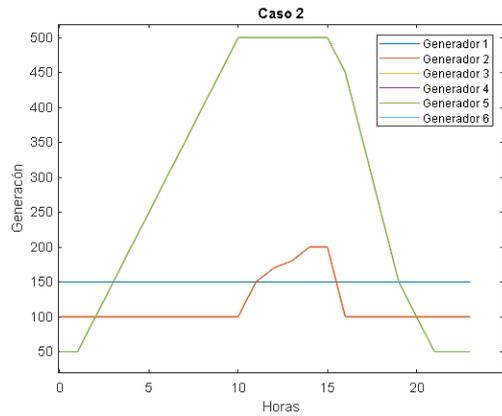


Figura 6. Recursos energéticos horario nocturno

Tomando en cuenta el costo de generación del grupo electrógeno y la ineficiencia de la máquina debería ser utilizado para abastecer la demanda crítica durante cortos periodos de tiempo hasta que la red sea capaz de abastecer de energía el hospital.

7.3 Caso 3

Para el caso 3 se abastecerá la carga crítica mediante la red local de 23,5294% (G1) y la micro-red del grupo electrógeno y el banco de baterías (GGE/ GBESS) de 58,8235% respectivamente, mientras la red primaria (G3/G2) y la fuente por paneles fotovoltaicos (GFV) están fuera de servicio.

Tabla 5. Caso 3

CASO 3 (G1/GGE/GBESS)			
HORA	G1	GGE	GBESS
0	150	50	50
1	150	50	100
2	150	50	150
3	150	100	150
4	150	150	150
5	150	200	150
6	150	250	150
7	150	300	150
8	150	350	150
9	150	400	150
10	150	450	150
11	150	500	150
12	170	500	150
13	180	500	150
14	200	500	150
15	200	500	150

16	150	400	150
17	150	300	150
18	150	200	150
19	150	100	150
20	150	150	150
21	150	50	100
22	150	50	50
23	150	50	15

El gran costo que tienen las baterías y la poca cantidad de almacenamiento de energía resulta ser ineficientes para abastecer de manera óptima incluso durante pocos lapsos de tiempo una carga de importancia como lo es el hospital.

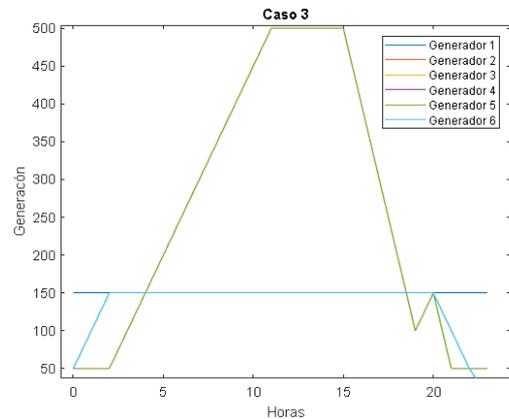


Figura 7. Sistema de respuesta con almacenamiento energético

En la figura 7, las baterías no resultan de beneficio sino todo lo contrario, debido a que estas necesitan cargarse de manera constante para mantener y alargar su vida. Por otro lado, el grupo electrógeno debe permanecer en operación constante generando grandes cantidades de costos junto con la red principal (G1) para lograr abastecer la gran demanda.

7.4 Caso 4

Para el caso 4, se establece una desconexión total por parte de la generación local (G3/G2/G1) mientras se abastecerá la carga crítica únicamente por la micro-red con generación fotovoltaica, banco de baterías y grupo electrógeno (GFV/GBESS/GGE).

Tabla 6. Desconexión local total

CASO 4 (GFV GGE GBESS)			
HORA	GFV	GGE	GBESS
0	50	50	150
1	100	50	150
2	100	100	150
3	100	150	150
4	100	200	150
5	100	250	150
6	100	300	150
7	100	350	150
8	100	400	150
9	100	450	150
10	100	500	150
11	100	500	150
12	100	500	150
13	100	500	150
14	100	500	150
15	100	500	150
16	100	450	150
17	100	350	150
18	100	250	150
19	100	150	150
20	100	100	150
21	100	50	150
22	50	50	150
23	25	50	125

En este último evento se considera el peor escenario donde las redes principales de generación (G1/G2/G3) están totalmente fuera de servicio, dando paso al abastecimiento por paneles solares, grupo electrógeno y el banco de baterías (GFV/GGE/GBESS).

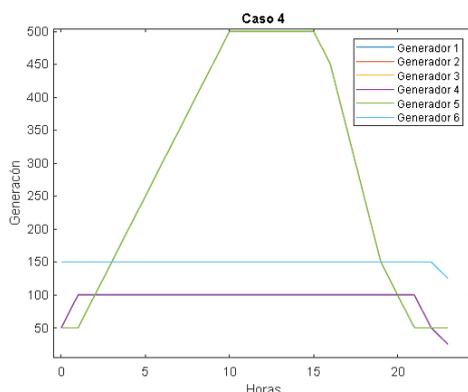


Figura 8. Desconexión total.

En la figura 8, se puede observar que el abastecimiento de 11,7647% paneles solares, 58,8235% grupo electrógeno y 17,6470% del banco de baterías, resulta ser demasiado costoso e ineficiente sin una buena gestión de recursos

energéticos. Por lo tanto, el abastecimiento por estas fuentes es ineficaz para una carga de tipo preferencial debido a su alta demanda.

7.5 Discusión

El uso de una aplicación digital como medio para dar solución al problema de asignación de recursos, resulta en la disminución del tiempo de máquina que requiere para su solución a diferencia de investigaciones como: [12], [13], [57] que implementan una heurística para solucionar un despacho eléctrico óptimo en base a un sistema de micro-red aplicando criterios de restricción de mínimo costo posible. Además, en nuestra micro-red tipo hospitalaria compuesta por grupo electrógeno, BESS y paneles fotovoltaicos resulta poco viable la inversión en fuentes renovables y baterías debido a la incertidumbre de despacho caracterizado por las condiciones climáticas propuestas, así como su poco almacenamiento, factor económico y despacho frente a una carga crítica a comparación de otra micro-red donde los factores puedan ser favorecidos y los recursos utilizados logren una eficiencia mejor, como es el caso de una micro-red tipo domiciliaria [57] compuesta por energía eólica y paneles solares.

8 Conclusiones y recomendaciones

Debido a que la carga crítica no puede dejar de ser abastecida de energía eléctrica, en caso de una contingencia donde la desconexión eléctrica es total, se debe actuar inmediatamente activando el grupo electrógeno que abastece como máximo un 60% de la potencia total debido a la fiabilidad de la máquina, los paneles solares resultan muy poco confiables para atender una carga de magnitud hospitalaria.

Sin duda cabe recalcar que el despacho óptimo es mediante el grupo

electrógeno debido a que se debe estar preparado ante cualquier contingencia considerando el alto costo del combustible. Además, el funcionamiento del grupo electrógeno, panel solar y BESS, resultan ineficientes para abastecer totalmente la carga de tipo preferencial que tiene un consumo energético relativamente alto durante las 24 horas del día. Sin embargo, se puede destinar la energía de paneles solares para el funcionamiento de calderas que son menos del 8 % de la potencia total de la carga.

En todos los casos de contingencia modelados resulta ineficaz un óptimo despacho energético ya que es demasiado costosa su instalación, mantenimiento y despacho por un BESS debido a que apenas proporciona un 11% del abastecimiento total de potencia. Además, con los grandes consumos de un hospital resultan poco confiables y de poco almacenamiento.

8.1 Trabajos futuros

La investigación podría ser más robusta y detallada si se toma en cuenta fuentes de generación eólica, hidráulica o biomasa. Así también se puede dar solución para el problema de despacho energético por otras heurísticas como: enjambre de hormigas, enjambre de partículas, colonia de abejas artificial, búsqueda tabú, algoritmos genéticos aplicadas a variables eléctricas y como estas pueden diferir.

9 Referencias

- [1] M. Duval and L. Lamarre, "Electrical Insulation Conference (EIC), A Review of Faults Detectable by Gas-in-Oil Analysis in Transformers.," 2017.
- [2] J. Wentzel, T. S. Ustun, C. Ozansoy, and A. Zayegh, "Investigation of micro-grid behavior while operating under various network conditions," 2012. doi: 10.1109/SGE.2012.6463973.
- [3] T. Hwang, M. Choi, S. Kang, and I. Lee, "Design of Application-Level Reference Models for Micro Energy Grid in IT Perspective," 2012.
- [4] G. Ayala and M. Garcia, "Respuesta De La Demanda Eléctrica Basado En El Modelo Markoviano," *Tesis*, p. 27, 2016.
- [5] P. Dursun, "Programas de respuesta en demanda y su posible impacto en el sistema eléctrico colombiano," *Tesis*, vol. 66, no. December, pp. 37–39, 2012.
- [6] E. Toro and E. M. Garcia Torres, "Óptima Respuesta a La Demanda Basado En Localización De Recursos En Redes Eléctricas Inteligentes Aisladas," *Tesis*, p. 16, 2017.
- [7] D. Jarrín and M. Garcia, "Gestión energética para una óptima respuesta a la demanda en micro redes inteligentes," *2017 International Conference on Information Systems and Computer Science (INCISCOS)*, pp. 14–20, 2017.
- [8] K. Shi, Y. Bi, and L. Jiang, "Middleware-based implementation of smart micro-grid monitoring using data distribution service over IP networks," Oct. 2014. doi: 10.1109/UPEC.2014.6934702.
- [9] T. Mai, H. Yao, Z. Xiong, S. Guo, and D. T. Niyato, "Multi-agent Actor-Critic Reinforcement Learning Based In-network Load Balance," Dec. 2020. doi: 10.1109/GLOBECOM42002.2020.9322277.
- [10] N. Augustine, S. Suresh, P. Moghe, and K. Sheikh, "Economic dispatch for a microgrid considering renewable energy cost functions," 2012. doi: 10.1109/ISGT.2012.6175747.
- [11] U. Ravishankar and M. Manic, "A Direct Utility Adaptive Critic (DUAC) algorithm for power plant load management," in *IEEE International Symposium on Industrial Electronics*, 2012, pp. 786–791. doi: 10.1109/ISIE.2012.6237188.
- [12] M. Ankush Kumar and A. Jaya Laxmi, "Application of intentional islanding algorithm for distributed energy resources in disaster management," Nov. 2016. doi: 10.1109/POWERCON.2016.7753972.
- [13] D. Thukaram, C. Vyjayanthi, and S. Surendra, "Optimal placement of distributed generation for a projected load increase using relative electrical distance approach," 2009. doi: 10.1109/ICPWS.2009.5442774.
- [14] X. Zhou, K. Gong, C. Zhu, J. Hua, and Z. Xu, "Optimal energy management strategy considering forecast uncertainty based on LSTM-quantile regression," in *2020 IEEE 4th Conference on Energy Internet*

- and Energy System Integration: Connecting the Grids Towards a Low-Carbon High-Efficiency Energy System, *EI2 2020*, Oct. 2020, pp. 2753–2757. doi: 10.1109/EI250167.2020.9347295.
- [15] S. Y. Chae and J. H. Park, “Efficient energy management system of smart homes with distributed energy resources,” in *Proceedings - 8th International Conference on Grid and Distributed Computing, GDC 2015*, Mar. 2016, pp. 9–12. doi: 10.1109/GDC.2015.19.
- [16] Y. Zhang, N. Gatsis, and G. B. Giannakis, “Robust energy management for microgrids with high-penetration renewables,” *IEEE Transactions on Sustainable Energy*, vol. 4, no. 4, pp. 944–953, 2013, doi: 10.1109/TSTE.2013.2255135.
- [17] J. S. Giraldo, J. A. Castrillon, J. C. Lopez, M. J. Rider, and C. A. Castro, “Microgrids Energy Management Using Robust Convex Programming,” *IEEE Transactions on Smart Grid*, vol. 10, no. 4, pp. 4520–4530, Jul. 2019, doi: 10.1109/TSG.2018.2863049.
- [18] S. Y. Chae and J. H. Park, “Efficient energy management system of smart homes with distributed energy resources,” in *Proceedings - 8th International Conference on Grid and Distributed Computing, GDC 2015*, Mar. 2016, pp. 9–12. doi: 10.1109/GDC.2015.19.
- [19] S. Y. Chae and J. H. Park, “Efficient energy management system of smart homes with distributed energy resources,” in *Proceedings - 8th International Conference on Grid and Distributed Computing, GDC 2015*, Mar. 2016, pp. 9–12. doi: 10.1109/GDC.2015.19.
- [20] L. A. Rabaiolli Mazocco, R. J. Bulsing, R. C. Beltrame, A. K. Junior, and T. B. Marchesan, “The development of an Educational Tool for the Teaching of Distributed Generation and Renewable Energy Concepts in Elementary Schools,” 2021. doi: 10.1109/COBEP53665.2021.9684116.
- [21] G. Chen, F. L. Lewis, E. N. Feng, and Y. Song, “Distributed Optimal Active Power Control of Multiple Generation Systems,” *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, vol. 62, no. 11, pp. 7079–7090, Nov. 2015, doi: 10.1109/TIE.2015.2431631.
- [22] A. Shahid, “Performance evaluation of sinusoidal and Space Vector Pulse-Width-Modulation for power quality enhancement in distributed generation systems,” Aug. 2015. doi: 10.1109/PEDG.2015.7223066.
- [23] J. F. Zhang, S. M. Ding, Y. L. Hang, and H. Guang, “Research on distributed generation source placement,” 2009. doi: 10.1109/SUPERGEN.2009.5347869.
- [24] Y. Zhang, N. Gatsis, and G. B. Giannakis, “Robust energy management for microgrids with high-penetration renewables,” *IEEE Transactions on Sustainable Energy*, vol. 4, no. 4, pp. 944–953, 2013, doi: 10.1109/TSTE.2013.2255135.
- [25] S. Y. Chae and J. H. Park, “Efficient energy management

- system of smart homes with distributed energy resources,” in *Proceedings - 8th International Conference on Grid and Distributed Computing, GDC 2015*, Mar. 2016, pp. 9–12. doi: 10.1109/GDC.2015.19.
- [26] J. S. Giraldo, J. A. Castrillon, J. C. Lopez, M. J. Rider, and C. A. Castro, “Microgrids Energy Management Using Robust Convex Programming,” *IEEE Transactions on Smart Grid*, vol. 10, no. 4, pp. 4520–4530, Jul. 2019, doi: 10.1109/TSG.2018.2863049.
- [27] P. Pérez Fernández, “Descripción e infraestructura de una microrred para un entorno residencial,” pp. 1–105, 2017.
- [28] B. I. A. SANTANDER, “Operación de protecciones en micro-redes basado en flujos óptimos de potencia ac,” 2018.
- [29] H. Chen, H. Leng, H. Tang, J. Zhu, H. Gong, and H. Zhong, “Research on model management method for Micro-grid,” in *Proceedings of the 2017 IEEE 2nd Information Technology, Networking, Electronic and Automation Control Conference, ITNEC 2017*, Feb. 2018, vol. 2018-January, pp. 163–166. doi: 10.1109/ITNEC.2017.8284930.
- [30] G. X. Álvarez Yanchapanta and H. I. Vaca Vallejo, “Energía Fotovoltaica Y Energía Térmica Diesel Para Reducir La Contaminación Ambiental .,” *Departamento de Eléctrica y Electrónica de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Extensión Latacunga*, pp. 1–5, 2013.
- [31] F. Alexis and D. Mera, “Modelamiento y control de una microrred en modo isla,” *Universidad de los Andes*, p. 60, 2015.
- [32] Tianjin da xue *et al.*, 2018 *China International Conference on Electricity Distribution : proceedings : 17-19 September 2018, Tianjin, China*.
- [33] M. G. González, “Sistema de generación eléctrica con pila de combustible de óxido sólido alimentado con residuos forestales y su optimización mediante algoritmos basados en nubes de partículas-Tesis Doctoral-Universidad Nacional de Educación a Distancia-España,” pp. 17–38, 2014.
- [34] D. Flores, “Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito,” *Tesis*, pp. 1–100, 2016.
- [35] Universidade do Porto. Faculdade de Engenharia, INESC TEC (Organization), Institute of Electrical and Electronics Engineers, IEEE Power & Energy Society, IEEE Industrial Electronics Society, and Institution of Engineering and Technology, *SEST'19 : 2nd International Conference on Smart Energy Systems and Technologies : 9-11 September, 2019, Porto, Portugal*.
- [36] Institut Teknologi Bandung Sekolah Teknik Elektro dan Informatika, IEEE Dielectrics and Electrical Insulation Society, Annual IEEE Computer Conference, B. IEEE International Conference on Condition Monitoring and Diagnosis 2012.09.23-27 Sanur, and B. IEEE CMD 2012.09.23-27 Sanur, *International Conference on Condition Monitoring and Diagnosis (CMD), 2012 23-27 Sept. 2012, [Sanur], Bali, Indonesia*.

- [37] H. Wang, H. Zhang, L. Chen, L. Chen, Y. Zhao, and B. Duan, "A Method of Distribution Reconfiguration with Micro Grid Considering Dynamic Behavior of Thermal Loads," in *Proceedings - 2018 International Conference on Smart Grid and Electrical Automation, ICSGEA 2018*, Oct. 2018, pp. 1–5. doi: 10.1109/ICSGEA.2018.00009.
- [38] S. Sharma, A. Verma, Y. Xu, and B. K. Panigrahi, "Robustly Coordinated Bi-Level Energy Management of a Multi-Energy Building under Multiple Uncertainties," *IEEE Transactions on Sustainable Energy*, vol. 12, no. 1, pp. 3–13, Jan. 2021, doi: 10.1109/TSTE.2019.2962826.
- [39] F. Valencia, J. Collado, D. Sáez, and L. G. Marín, "Robust Energy Management System for a Microgrid Based on a Fuzzy Prediction Interval Model," *IEEE Transactions on Smart Grid*, vol. 7, no. 3, pp. 1486–1494, May 2016, doi: 10.1109/TSG.2015.2463079.
- [40] H. Zhu *et al.*, "Based on micro-grid small-signal model grid off-grid seamless handover stability study," in *Proceedings - 2015 International Conference on Intelligent Transportation, Big Data and Smart City, ICITBS 2015*, Jan. 2016, pp. 152–155. doi: 10.1109/ICITBS.2015.44.
- [41] Tianjin da xue *et al.*, 2018 *China International Conference on Electricity Distribution : proceedings : 17-19 September 2018, Tianjin, China*.
- [42] L. Huang, S. Xu, X. Wang, X. Huo, and H. Zheng, "Dynamic optimized decision model of smart utilization for typical public building employing critical peak pricing," in *China International Conference on Electricity Distribution, CICED*, Sep. 2016, vol. 2016-September. doi: 10.1109/CICED.2016.7576357.
- [43] C. Electrical Engineering/Electronics, IEEE Thailand Section., and Institute of Electrical and Electronics Engineers, *ECTI-CON 2017 : 2017 14th International Conference on Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology : 27-30 June 2017, Phuket, Thailand*.
- [44] Q. Zhang, X. Wang, and M. Fu, "Optimal implementation strategies for critical peak pricing," 2009. doi: 10.1109/EEM.2009.5207139.
- [45] M. Li and Q. Wan, "Study on TOU price implantation effect on Huainan resident," in *Proceedings - International Conference on Computer Distributed Control and Intelligent Environmental Monitoring, CDCIEM 2011*, 2011, pp. 2221–2224. doi: 10.1109/CDCIEM.2011.397.
- [46] Y. Gao, M. Lv, and D. Shen, "RESEARCH ON TOU PRICE CONSIDERING ELECTRIC VEHICLES ORDERLY CHARGING AND DISCHARGING."
- [47] S. Panichtanakom, K. Chalermyanont, and S. Thienmontri, "Study of Plug-in Electric Vehicles Charging by Using Load Shaving Method Based on TOU in Distribution System: A Case Study in Thailand; Study of Plug-in Electric Vehicles Charging by Using Load Shaving Method

- Based on TOU in Distribution System: A Case Study in Thailand,” 2018.
- [48] S. Li and D. Zhang, “Developing smart and real-time demand response mechanism for residential energy consumers,” 2014. doi: 10.1109/PSC.2014.6808101.
- [49] C. D. González, “Despacho económico de cargas en sistemas eléctricos de potencia: modelado, simulación y análisis,” *Pearson Educación*, pp. 4–5, 2017.
- [50] J. Cueva and A. Águila, “Modelo óptimo de despacho económico de sistemas de generación considerando restricciones de inercia,” 2020.
- [51] S. Sharma, A. Verma, Y. Xu, and B. K. Panigrahi, “Robustly Coordinated Bi-Level Energy Management of a Multi-Energy Building under Multiple Uncertainties,” *IEEE Transactions on Sustainable Energy*, vol. 12, no. 1, pp. 3–13, Jan. 2021, doi: 10.1109/TSTE.2019.2962826.
- [52] F. Valencia, J. Collado, D. Sáez, and L. G. Marín, “Robust Energy Management System for a Microgrid Based on a Fuzzy Prediction Interval Model,” *IEEE Transactions on Smart Grid*, vol. 7, no. 3, pp. 1486–1494, May 2016, doi: 10.1109/TSG.2015.2463079.
- [53] T. Song, L. Ottoson, J. Gallon, D. J. Friedman, and N. Kopidakis, “Reliable Power Rating of Perovskite PV Modules,” in *Conference Record of the IEEE Photovoltaic Specialists Conference*, Jun. 2021, pp. 367–371. doi: 10.1109/PVSC43889.2021.9518841.
- [54] A. Almaktoof, N. Shebani, and A. Elfallah, “GUI-PV Application Tool for Teaching Performance of PV System using MATLAB-Graphical User Interface Environment,” in *2021 IEEE 1st International Maghreb Meeting of the Conference on Sciences and Techniques of Automatic Control and Computer Engineering, MI-STA 2021 - Proceedings*, May 2021, pp. 447–451. doi: 10.1109/MI-STA52233.2021.9464367.
- [55] A. Deshpande, K. Karnataki, K. Darshana, P. Deshpande, H. Mitavachan, and G. Shankar, “Smart Renewable Energy Micro Grid for Indian Scenarios,” in *Proceedings - 2015 21st Annual International Conference on Advanced Computing and Communications, ADCOM 2015*, Aug. 2016, pp. 22–26. doi: 10.1109/ADCOM.2015.11.
- [56] S. Ramabhotla, S. Bayne, and M. Giesselmann, “Economic dispatch optimization of microgrid in islanded mode,” Mar. 2014. doi: 10.1109/IESC.2014.7061838.
- [57] H. U. R. Habib, U. Subramaniam, A. Waqar, B. S. Farhan, K. M. Kotb, and S. Wang, “Energy cost optimization of hybrid renewables based V2G microgrid considering multi objective function by using artificial bee colony optimization,” *IEEE Access*, vol. 8, pp. 62076–62093, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.2984537.
- [58] N. Augustine, S. Suresh, P. Moghe, and K. Sheikh, “Economic dispatch for a

- microgrid considering renewable energy cost functions,” *2012 IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies, ISGT 2012*, pp. 1–7, 2012, doi: 10.1109/ISGT.2012.6175747.
- [59] S. Feng, W. Yin, and H. Wang, “Integrated micro-grid optimization and control technology,” in *APAP 2011 - Proceedings: 2011 International Conference on Advanced Power System Automation and Protection*, 2011, vol. 3, pp. 2072–2075. doi: 10.1109/APAP.2011.6180774.
- [60] S. M. Mohseni-Bonab, I. Kamwa, A. Moeini, and A. Rabiee, “Voltage Security Constrained Stochastic Programming Model for Day-Ahead BESS Schedule in Co-Optimization of T&D Systems,” *IEEE Transactions on Sustainable Energy*, vol. 11, no. 1, pp. 391–404, Jan. 2020, doi: 10.1109/TSTE.2019.2892024.
- [61] S. Y. Chae and J. H. Park, “Efficient energy management system of smart homes with distributed energy resources,” in *Proceedings - 8th International Conference on Grid and Distributed Computing, GDC 2015*, Mar. 2016, pp. 9–12. doi: 10.1109/GDC.2015.19.
- [62] J. Chen, Y. Liu, and G. Bao, “Optimal operating strategy for distribution networks with PV and BESS considering flexible energy storage,” in *IEEE Power and Energy Society General Meeting*, Nov. 2016, vol. 2016-November. doi: 10.1109/PESGM.2016.7741131.
- [63] D. Wu, Q. Gui, W. Zhao, J. Wang, S. Shi, and Y. Zhou, “Battery Energy Storage System (BESS) Sizing Analysis of Bess-Assisted Fast-Charge Station Based on Double-Layer optimization Method,” in *2020 IEEE Student Conference on Electric Machines and Systems, SCEMS 2020*, Dec. 2020, pp. 658–662. doi: 10.1109/SCEMS48876.2020.9352324.
- [64] L. Cheun Hau and Y. Seng Lim, “Financial Benefits of PV only, BESS only and PV with BESS under the Trading Arrangements of NEM and ETOU in Malaysia,” in *2020 8th International Conference on Smart Grid and Clean Energy Technologies, ICSGCE 2020*, Oct. 2020, pp. 59–64. doi: 10.1109/ICSGCE49177.2020.9275603.
- [65] H. Chin *et al.*, “Personal Micro Grid Package for individual power interchange in off-grid district,” in *2014 IEEE 3rd Global Conference on Consumer Electronics, GCCE 2014*, Feb. 2014, pp. 385–386. doi: 10.1109/GCCE.2014.7031318.
- [66] T. Ilamparithi, S. Abourdia, and T. Kirk, “On the use of real time simulators for the test and validation of protection and control systems of micro grids and smart grids,” Feb. 2017. doi: 10.1109/SASG.2016.7849658.
- [67] J. R. Jacobs, “Communications Algorithm for Optimal Linear Model-Based Control with Application to Pharmacokinetic Model-Driven Drug Delivery,” *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, vol. .

- 37, no. 1, pp. 107–109, 1990,
doi: 10.1109/10.43622.
- [68] Z. Ju, F. Xinggang, and W. Wanliang, “Multi parameter programming approach for state feedback optimal control of constrained linear system,” in *Proceedings of the World Congress on Intelligent Control and Automation (WCICA)*, 2006, vol. 2, pp. 6460–6464. doi: 10.1109/WCICA.2006.1714329
- [69] Z. Chen, K. Wang, Z. Li, and T. Zheng, “A review on control strategies of AC/DC micro grid,” Jul. 2017. doi: 10.1109/EEEIC.2017.7977807.
- [70] G. Liu, “Application of ETAP in distributed power supply and micro-grid interconnection,” in *2019 4th International Conference on Intelligent Green Building and Smart Grid, IGBSG 2019*, Sep. 2019, pp. 108–112. doi: 10.1109/IGBSG.2019.8886250.
- [71] IEEE Power & Energy Society and Institute of Electrical and Electronics Engineers, *IEEE PES GTD 2019 : Grand International Conference & Exposition Asia : conference: March 19-23 ; exposition: March 21-23, Bangkok International Trade & Exhibition Centre (BITEC), Bangkok, Thailand.*

9.1 Estado del Arte

Figura 9. Matriz de estado del arte

ESTRATEGIA DE RESPUESTA DE DEMANDA DE EMERGENCIA BASADO EN EL OPTIMO DESPACHO DE ENERGIA DE UNA MICRORED TIPO HOSPITALARIA																		
DATOS		TEMÁTICA				FORMULACIÓN DEL PROBLEMA			RESTRICCIONES DEL PROBLEMA			PROPUESTAS PARA RESOLVER EL PROBLEMA		SOLUCIÓN PROPUESTA				
ITEM	AÑO	TÍTULO DEL ARTÍCULO	Asignación de recursos	Fuentes de generación	Curva de demanda (carga crítica)	Minimización de costos	Óptimo despacho	Minimización de costos	Microred	Costos de generación	Costos de operación y mantenimiento	Costos mínimos	Asignación de recursos	Costos mínimos	Asignación de recursos por programación	Costos mínimos	Generación distribuida	Respuesta a la demanda
1	2017	A Review of Faults Detectable by Gas-in-Oil Analysis in Transformers	x		x	x		x	x	x					x		x	
2	2012	Investigation of micro-grid behavior while operating under various network conditions		x							x	x						x
3	2012	Design of Application-Level Reference Models for Micro Energy Grid in IT Perspective	x	x	x			x	x			x						
4	2016	Respuesta De La Demanda Eléctrica Basado En El Modelo Markoviano	x						x		x				x		x	x
5	2012	Programas de respuesta en demanda y su posible impacto en el sistema eléctrico colombiano		x	x			x		x		x				x	x	

ESTRATEGIA DE RESPUESTA DE DEMANDA DE EMERGENCIA BASADO EN EL OPTIMO DESPACHO DE ENERGIA DE UNA MICRORED TIPO HOSPITALARIA																		
ITEM	DATOS		TEMÁTICA				FORMULACIÓN DEL PROBLEMA			RESTRICCIONES DEL PROBLEMA			PROPUESTAS PARA RESOLVER EL PROBLEMA		SOLUCIÓN PROPUESTA			
	AÑO	TÍTULO DEL ARTÍCULO	Asignación de recursos	Fuentes de generación	Curva de demanda (carga crítica)	Minimización de costos	Óptimo despacho	Minimización de costos	Microred	Costos de generación	Costos de operación y mantenimiento	Costos mínimos	Asignación de recursos	Costos mínimos	Asignación de recursos por programación	Costos mínimos	Generación distribuida	Respuesta a la demanda
6	2017	Óptima Respuesta a La Demanda Basado En Localización De Recursos En Redes Eléctricas Inteligentes Aisladas	x		x													
7	2017	Gestión energética para una óptima respuesta a la demanda en micro redes inteligentes																
8	2014	Middleware-based implementation of smart micro-grid monitoring using data distribution service over IP networks	x															
9	2020	Multi-agent Actor-Critic Reinforcement Learning Based In-network Load Balance	x															x
10	2012	Economic dispatch for a microgrid considering renewable energy cost functions																x
11	2012	A Direct Utility Adaptive Critic (DUAC) algorithm for power plant load management	x															
12	2016	Application of intentional islanding algorithm for distributed energy resources in disaster management	x															

ESTRATEGIA DE RESPUESTA DE DEMANDA DE EMERGENCIA BASADO EN EL OPTIMO DESPACHO DE ENERGIA DE UNA MICRORED TIPO HOSPITALARIA

DATOS		TEMÁTICA				FORMULACIÓN DEL PROBLEMA			RESTRICCIONES DEL PROBLEMA			PROPUESTAS PARA RESOLVER EL PROBLEMA		SOLUCIÓN PROPUESTA				
ITEM	AÑO	TÍTULO DEL ARTÍCULO	Asignación de recursos	Fuentes de generación	Curva de demanda (carga crítica)	Minimización de costos	Óptimo despacho	Minimización de costos	Microred	Costos de generación	Costos de operación y mantenimiento	Costos mínimos	Asignación de recursos	Costos mínimos	Asignación de recursos por programación	Costos mínimos	Generación distribuida	Respuesta a la demanda
13	2009	Optimal placement of distributed generation for a projected load increase using relative electrical distance approach	x		x									x				
14	2020	Optimal energy management strategy considering forecast uncertainty based on LSTM-quantile regression	x								x	x						
15	2020	Efficient energy management system of smart homes with distributed energy resources		x	x	x						x			x			x
16	2013	Robust energy management for microgrids with high-penetration renewables	x												x			
17	2018	Microgrids Energy Management Using Robust Convex Programming	x							x				x		x		x
18	2016	Efficient energy management system of smart homes with distributed energy resources	x	x		x								x		x		x

**ESTRATEGIA DE RESPUESTA DE DEMANDA DE EMERGENCIA BASADO EN EL OPTIMO DESPACHO DE ENERGIA
DE UNA MICRORED TIPO HOSPITALARIA**

DATOS		TEMÁTICA				FORMULACIÓN DEL PROBLEMA			RESTRICCIONES DEL PROBLEMA			PROPUESTAS PARA RESOLVER EL PROBLEMA		SOLUCIÓN PROPUESTA				
ITEM	AÑO	TÍTULO DEL ARTÍCULO	Asignación de recursos	Fuentes de generación	Curva de demanda (carga crítica)	Minimización de costos	Óptimo despacho	Minimización de costos	Microred	Costos de generación	Costos de operación y mantenimiento	Costos mínimos	Asignación de recursos	Costos mínimos	Asignación de recursos por programación	Costos mínimos	Generación distribuida	Respuesta a la demanda
19	2015	Efficient energy management system of smart homes with distributed energy resources						x		x						x		
20	2021	The development of an Educational Tool for the Teaching of Distributed Generation and Renewable Energy Concepts in Elementary Schools		x				x			x			x		x	x	
21	2015	Distributed Optimal Active Power Control of Multiple Generation Systems	x	x				x		x							x	x
22	2015	Performance evaluation of sinusoidal and Space Vector Pulse-Width-Modulation for power quality enhancement in distributed generation systems		x							x	x						
23	2009	Research on distributed generation source placement			x										x	x		x
24	2013	Robust energy management for microgrids with high-penetration renewables	x						x			x		x				

ESTRATEGIA DE RESPUESTA DE DEMANDA DE EMERGENCIA BASADO EN EL OPTIMO DESPACHO DE ENERGIA DE UNA MICRORED TIPO HOSPITALARIA

ITEM	DATOS		TEMÁTICA				FORMULACIÓN DEL PROBLEMA			RESTRICCIONES DEL PROBLEMA			PROPUESTAS PARA RESOLVER EL PROBLEMA		SOLUCIÓN PROPUESTA			
	AÑO	TÍTULO DEL ARTÍCULO	Asignación de recursos	Fuentes de generación	Curva de demanda (carga crítica)	Minimización de costos	Óptimo despacho	Minimización de costos	Microred	Costos de generación	Costos de operación y mantenimiento	Costos mínimos	Asignación de recursos	Costos mínimos	Asignación de recursos por programación	Costos mínimos	Generación distribuida	Respuesta a la demanda
25	2016	Efficient energy management system of smart homes with distributed energy resources	x					x		x								x
26	2019	Microgrids Energy Management Using Robust Convex Programming	x							x			x			x		
27	2017	Descripción e infraestructura de una micro-red para un entorno residencial		x		x								x				x
28	2018	Operación de protecciones en micro-redes basado en flujos óptimos de potencia ac	x	x							x							
29	2018	Research on model management method for Micro-grid	x	x	x		x											
30	2013	Energía Fotovoltaica Y Energía Térmica Diesel Para Reducir La Contaminación Ambiental											x					
31	2015	Modelamiento y control de una micro-red en modo isla		x			x	x		x	x			x	x			

ESTRATEGIA DE RESPUESTA DE DEMANDA DE EMERGENCIA BASADO EN EL OPTIMO DESPACHO DE ENERGIA DE UNA MICRORED TIPO HOSPITALARIA

ITEM	DATOS		TEMÁTICA				FORMULACIÓN DEL PROBLEMA			RESTRICCIONES DEL PROBLEMA			PROPUESTAS PARA RESOLVER EL PROBLEMA		SOLUCIÓN PROPUESTA			
	AÑO	TÍTULO DEL ARTÍCULO	Asignación de recursos	Fuentes de generación	Curva de demanda (carga crítica)	Minimización de costos	Óptimo despacho	Minimización de costos	Microred	Costos de generación	Costos de operación y mantenimiento	Costos mínimos	Asignación de recursos	Costos mínimos	Asignación de recursos por programación	Costos mínimos	Generación distribuida	Respuesta a la demanda
32	2018	International Conference on Electricity Distribution							x				x					
33	2014	Sistema de generación eléctrica con pila de combustible de óxido sólido alimentado con residuos forestales y su optimización mediante algoritmos basados en nubes de partículas	x	x											x	x	x	x
34	2016	Review of Condition Monitoring Energy				x									x			
35	2016	International Conference on Condition Monitoring MR	x															
36	2012	International Conference on Condition Monitoring and Diagnosis (CMD)								x					x	x		x
37	2018	A Method of Distribution Reconfiguration with Micro Grid Considering Dynamic Behavior of Thermal Loads			x	x						x				x		

ESTRATEGIA DE RESPUESTA DE DEMANDA DE EMERGENCIA BASADO EN EL OPTIMO DESPACHO DE ENERGIA DE UNA MICRORED TIPO HOSPITALARIA																		
ITEM	DATOS		TEMÁTICA				FORMULACIÓN DEL PROBLEMA			RESTRICCIONES DEL PROBLEMA			PROPUESTAS PARA RESOLVER EL PROBLEMA		SOLUCIÓN PROPUESTA			
	AÑO	TÍTULO DEL ARTÍCULO	Asignación de recursos	Fuentes de generación	Curva de demanda (carga crítica)	Minimización de costos	Óptimo despacho	Minimización de costos	Microred	Costos de generación	Costos de operación y mantenimiento	Costos mínimos	Asignación de recursos	Costos mínimos	Asignación de recursos por programación	Costos mínimos	Generación distribuida	Respuesta a la demanda
38	2021	Robustly Coordinated Bi-Level Energy Management of a Multi-Energy Building under Multiple Uncertainties																
39	2016	Robust Energy Management System for a Microgrid Based on a Fuzzy Prediction Interval Model	x				x			x								
40	2015	Based on micro-grid small-signal model grid off-grid seamless handover stability study																
41	2018	Dynamic optimized decision model Conference on Electricity Distribution			x	x											x	x
42	2016	Dynamic optimized decision model of smart utilization for typical public building employing critical peak pricing	x															
43	2017	C. Electrical Engineering/Electronics, IEEE Thailand Section., and Institute of Electrical and Electronics Engineers, ECTI-CON																

ESTRATEGIA DE RESPUESTA DE DEMANDA DE EMERGENCIA BASADO EN EL OPTIMO DESPACHO DE ENERGIA DE UNA MICRORED TIPO HOSPITALARIA

DATOS		TEMÁTICA				FORMULACIÓN DEL PROBLEMA			RESTRICCIONES DEL PROBLEMA			PROPUESTAS PARA RESOLVER EL PROBLEMA		SOLUCIÓN PROPUESTA				
ITEM	AÑO	TÍTULO DEL ARTÍCULO	Asignación de recursos	Fuentes de generación	Curva de demanda (carga crítica)	Minimización de costos	Óptimo despacho	Minimización de costos	Microred	Costos de generación	Costos de operación y mantenimiento	Costos mínimos	Asignación de recursos	Costos mínimos	Asignación de recursos por programación	Costos mínimos	Generación distribuida	Respuesta a la demanda
44	2009	Optimal implementation strategies for critical peak pricing	x										x				x	x
45	2011	Study on TOU price implantation effect on Huainan resident			x	x							x	x			x	
46	2017	RESEARCH ON TOU PRICE CONSIDERING ELECTRIC VEHICLES ORDERLY CHARGING AND DISCHARGING									x		x	x				
47	2018	Study of Plug-in Electric Vehicles Charging by Using Load Shaving Method Based on TOU in Distribution System: A Case Study in Thailand; Study of Plug-in Electric Vehicles Charging by Using Load Shaving Method Based on TOU in Distribution System: A Case Study in Thailand								x			x	x				
48	2014	Developing smart and real-time demand response mechanism for residential energy consumers									x							

ESTRATEGIA DE RESPUESTA DE DEMANDA DE EMERGENCIA BASADO EN EL OPTIMO DESPACHO DE ENERGIA DE UNA MICRORED TIPO HOSPITALARIA

DATOS		TEMÁTICA				FORMULACIÓN DEL PROBLEMA			RESTRICCIONES DEL PROBLEMA			PROPUESTAS PARA RESOLVER EL PROBLEMA		SOLUCIÓN PROPUESTA				
ITEM	AÑO	TÍTULO DEL ARTÍCULO	Asignación de recursos	Fuentes de generación	Curva de demanda (carga crítica)	Minimización de costos	Óptimo despacho	Minimización de costos	Microred	Costos de generación	Costos de operación y mantenimiento	Costos mínimos	Asignación de recursos	Costos mínimos	Asignación de recursos por programación	Costos mínimos	Generación distribuida	Respuesta a la demanda
49	2017	Despacho económico de cargas en sistemas eléctricos de potencia: modelado, simulación y análisis	x	x		x						x			x	x		
50	2020	Energy cost optimization of hybrid renewables based V2G microgrid considering multi objective function by using artificial bee colony optimization				x	x			x	x		x			x		x
51	2019	Energy cost optimization of hybrid renewables based microgrid considering multi objective lineal function.	x			x		x					x	x				x
52	2020	Modelo óptimo de despacho económico de sistemas de generación considerando restricciones de inercia	x	x														
53	2021	Reliable Power Rating of Perovskite PV Modules		x		x							x	x		x	x	x
54	2021	GUI-PV Application Tool for Teaching Performance of PV System using MATLAB-Graphical User Interface Environment					x				x			x				

**ESTRATEGIA DE RESPUESTA DE DEMANDA DE EMERGENCIA BASADO EN EL OPTIMO DESPACHO DE ENERGIA
DE UNA MICRORED TIPO HOSPITALARIA**

ITEM	DATOS		TEMÁTICA				FORMULACIÓN DEL PROBLEMA			RESTRICCIONES DEL PROBLEMA			PROPUESTAS PARA RESOLVER EL PROBLEMA		SOLUCIÓN PROPUESTA			
	AÑO	TÍTULO DEL ARTÍCULO	Asignación de recursos	Fuentes de generación	Curva de demanda (carga crítica)	Minimización de costos	Óptimo despacho	Minimización de costos	Microred	Costos de generación	Costos de operación y mantenimiento	Costos mínimos	Asignación de recursos	Costos mínimos	Asignación de recursos por programación	Costos mínimos	Generación distribuida	Respuesta a la demanda
55	2015	Smart Renewable Energy Micro Grid for Indian Scenarios				x	x					x	x		x			
56	2014	Economic dispatch optimization of microgrid in islanded mode				x		x										
57	2020	Energy cost optimization of hybrid renewables based V2G microgrid considering multi objective function by using artificial bee colony optimization	x	x	x									x		x	x	x
58	2012	Economic dispatch for a microgrid considering renewable energy cost functions	x			x												
59	2011	Integrated micro-grid optimization and control technology		x				x										
60	2020	Voltage Security Constrained Stochastic Programming Model for Day-Ahead BESS Schedule in Co-Optimization of T&D Systems							x									x

ESTRATEGIA DE RESPUESTA DE DEMANDA DE EMERGENCIA BASADO EN EL OPTIMO DESPACHO DE ENERGIA DE UNA MICRORED TIPO HOSPITALARIA																		
ITEM	DATOS		TEMÁTICA				FORMULACIÓN DEL PROBLEMA			RESTRICCIONES DEL PROBLEMA			PROPUESTAS PARA RESOLVER EL PROBLEMA		SOLUCIÓN PROPUESTA			
	AÑO	TÍTULO DEL ARTÍCULO	Asignación de recursos	Fuentes de generación	Curva de demanda (carga crítica)	Minimización de costos	Óptimo despacho	Minimización de costos	Microred	Costos de generación	Costos de operación y mantenimiento	Costos mínimos	Asignación de recursos	Costos mínimos	Asignación de recursos por programación	Costos mínimos	Generación distribuida	Respuesta a la demanda
61	2015	Efficient energy management system of smart homes with distributed energy resources	x			x							x				x	
62	2016	Optimal operating strategy for distribution networks with PV and BESS considering flexible energy storage					x					x		x				
63	2020	Battery Energy Storage System (BESS) Sizing Analysis of Bess-Assisted Fast-Charge Station Based on Double-Layer optimization Method	x				x	x		x		x	x					
64	2020	Financial Benefits of PV only, BESS only and PV with BESS under the Trading Arrangements of NEM and ETOU in Malaysia					x	x					x					
65	2014	Personal Micro Grid Package for individual power interchange in off-grid district	x		x								x	x	x	x		

ESTRATEGIA DE RESPUESTA DE DEMANDA DE EMERGENCIA BASADO EN EL OPTIMO DESPACHO DE ENERGIA DE UNA MICRORED TIPO HOSPITALARIA																		
DATOS		TEMÁTICA				FORMULACIÓN DEL PROBLEMA			RESTRICCIONES DEL PROBLEMA			PROPUESTAS PARA RESOLVER EL PROBLEMA		SOLUCIÓN PROPUESTA				
ITEM	AÑO	TÍTULO DEL ARTÍCULO	Asignación de recursos	Fuentes de generación	Curva de demanda (carga crítica)	Minimización de costos	Óptimo despacho	Minimización de costos	Microred	Costos de generación	Costos de operación y mantenimiento	Costos mínimos	Asignación de recursos	Costos mínimos	Asignación de recursos por programación	Costos mínimos	Generación distribuida	Respuesta a la demanda
66	2017	On the use of real time simulators for the test and validation of protection and control systems of micro grids and smart grids	x							x								
67	2012	Communications Algorithm for Optimal Linear Model-Based Control with Application to Pharmacokinetic Model-Driven Drug Delivery		x		x								x				
68	2016	Multi parameter programming approach for state feedback optimal control of constrained linear system			x		x						x				x	
69	2017	A review on control strategies of AC/DC micro grid	x	x		x								x				x
70	2019	Application of ETAP in distributed power supply and micro-grid interconnection	x		x		x				x							
71	2019	International Trade & Exhibition Centre (BITEC)			x		x							x				
			35	20	15	17	12	9	12	10	25	15	16	25	13	18	15	20

Figura 10. Resumen de Temática

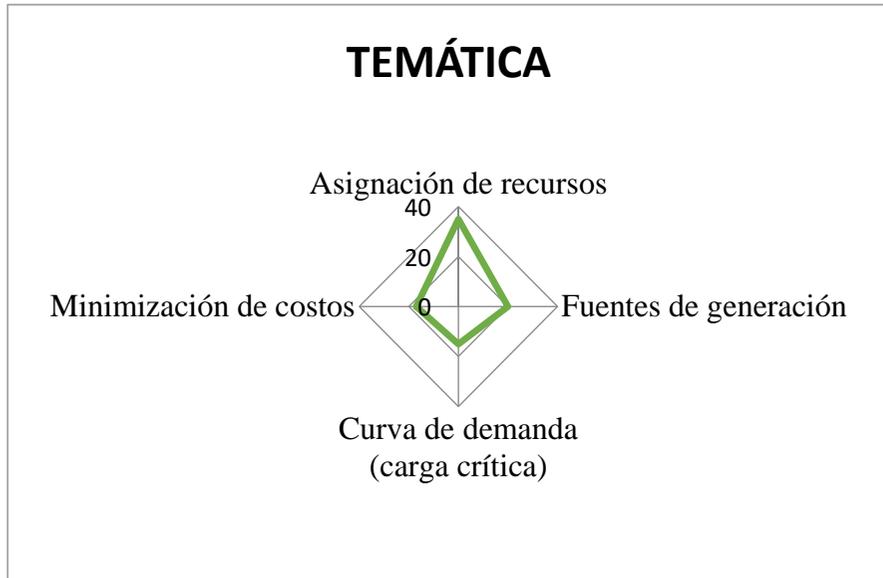


Figura 11. Formulación del problema

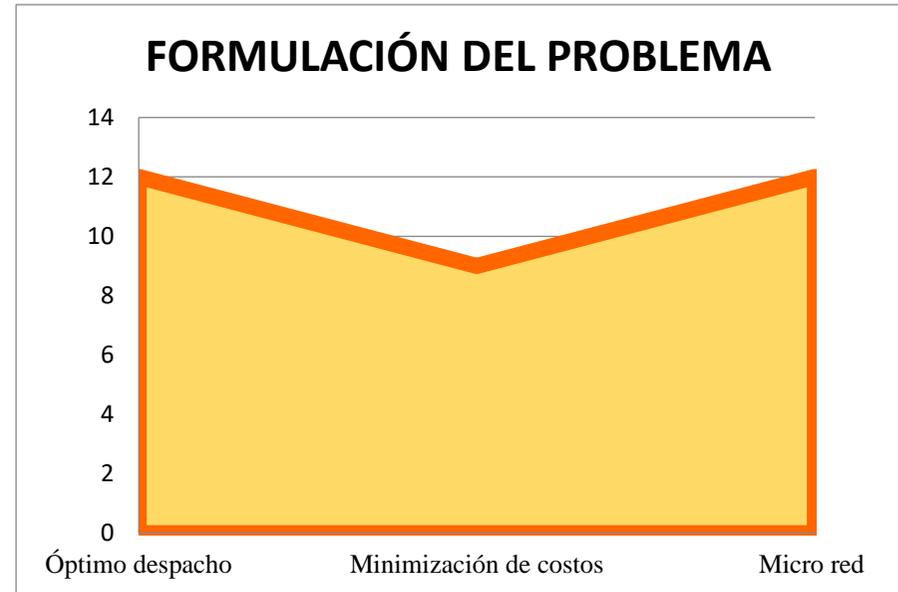


Figura 12. Solución Propuesta

