

**UBICACIÓN ÓPTIMA DE SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO PARA  
MAXIMIZAR LA CONTINUIDAD DE SERVICIO EN UNA MICRO RED**



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA  
SEDE QUITO**

**CARRERA:  
INGENIERÍA ELÉCTRICA**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de  
INGENIERO ELÉCTRICO**

**TEMA:  
UBICACIÓN ÓPTIMA DE SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO PARA  
MAXIMIZAR LA CONTINUIDAD DE SERVICIO EN UNA MICRO RED**

**AUTOR:  
ALEXANDER FELIPE QUIROZ RODRÍGUEZ**

**DIRECTOR:  
JORGE PAÚL MUÑOZ PILCO**

**Quito, Junio 2019**

Alexander Felipe Quiroz Rodríguez

**UBICACIÓN ÓPTIMA DE SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO PARA  
MAXIMIZAR LA CONTINUIDAD DE SERVICIO EN UNA MICRO RED**

Universidad Politécnica Salesiana, Quito – Ecuador 2019

Ingeniería Eléctrica

Breve reseña histórica e información de contacto.



**Alexander Felipe Quiroz Rodríguez** (Y'1994). Realizó sus estudios de nivel secundario en el Instituto Tecnológico Superior Central Técnico de la ciudad de Quito. Egresado de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Politécnica Salesiana. Su trabajo se basa en el estudio de óptima ubicación de sistemas de almacenamiento en micro redes.  
[aquirozr@est.ups.edu.ec](mailto:aquirozr@est.ups.edu.ec)

*Dirigido por:*



**Jorge Paúl Muñoz Pilco** (Y'1989). Realizó sus estudios superiores en la Escuela Politécnica Nacional, Quito – Ecuador, 2014, obteniendo el título de Ingeniero Eléctrico. Además, cursó estudios de posgrado como becario de Fundación Carolina en la Universidad Pública de Navarra, Pamplona – España, 2017, obteniendo el título de Máster en Energías Renovables: Generación Eléctrica. Actualmente es profesor ocasional a tiempo completo en la Universidad Politécnica Salesiana.  
[jmunoz@ups.edu.ec](mailto:jmunoz@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**

©2019 Universidad Politécnica Salesiana

QUITO - ECUADOR

## DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR/A

Yo, Jorge Paúl Muñoz Pilco declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el trabajo de titulación *Ubicación óptima de sistemas de almacenamiento para maximizar la continuidad de servicio en una micro red* realizado por Alexander Felipe Quiroz Rodríguez, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana para ser considerados como trabajo final de titulación.

Quito D.M., Junio 2019



Jorge Paúl Muñoz Pilco

C.C.: 1719006189

## CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Yo, Alexander Felipe Quiroz Rodríguez, con documento de identificación N° 1716189780, manifiesto mi voluntad y cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor/es del trabajo de grado/titulación intitulado: “UBICACIÓN ÓPTIMA DE SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO PARA MAXIMIZAR LA CONTINUIDAD DE SERVICIO EN UNA MICRO RED”, mismo que 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 aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito D.M., Junio de 2019



Alexander Felipe Quiroz Rodríguez

C.C.: 1716189780

## **1. ÍNDICE GENERAL**

1.	Introducción .....	2
1.1.	Indicadores de Confiabilidad.....	4
2.	Formulación del Problema .....	4
2.1.	Función Objetivo.....	5
2.2.	Restricciones .....	5
2.2.1.	Perfil de Voltaje .....	5
2.2.2.	Pérdidas .....	5
3.	Análisis de Resultados .....	6
3.1.	Escenario 1 .....	6
3.2.	Escenario 2 .....	7
3.3.	Escenario 3 .....	8
4.	Conclusiones .....	9
5.	Trabajos futuros.....	10
6.	Referencias .....	10
7.	Estado del Arte .....	13
7.1.	Matriz de estado del arte .....	13
7.2.	Resumen e Indicadores del estado del arte.....	16

## 2. ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ciclos de vida. Comparación entre el Litio y Plomo ácido. [13] .....	3
Figura 2. Estructura de la Micro red. ....	3
Figura 3. Comparación tecnologías de almacenamiento[16]......	4
Figura 4. Evolución Índice de confiabilidad SAIDI Escenario 1.....	6
Figura 5. Evolución Índice de confiabilidad SAIFI Escenario 1 .....	6
Figura 6. Evolución Índice de confiabilidad SAIDI Escenario 2.....	7
Figura 7. Evolución Índice de confiabilidad SAIFI Escenario 2 .....	7
Figura 8. Evolución Índice de confiabilidad SAIDI Escenario 3.....	8
Figura 9. Evolución Índice de confiabilidad SAIFI Escenario 3 .....	8
Figura 10. Perfiles de voltaje en nodos con y sin SA.....	9
Figura 11. Pérdidas del sistema con y sin SA .....	9

## 3. ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Parámetros y variables .....	5
Tabla 2. Algoritmo de ubicación óptima de sistemas de almacenamiento .....	6
Tabla 3. Comparación de casos del escenario 1.....	7
Tabla 4. Comparación de casos del escenario 2.....	8
Tabla 5. Comparación de casos del escenario 3.....	8



# UBICACIÓN ÓPTIMA DE SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO PARA MAXIMIZAR LA CONTINUIDAD DE SERVICIO EN UNA MICRO RED

## Resumen

A medida que avanza la tecnología, la generación de energía eléctrica con recursos renovables, ha obtenido grandes beneficios en cuanto a calidad y confiabilidad llegando a ser más económicamente viable y limpia con respecto a la generación con combustibles fósiles por lo que es común su crecimiento, permitiendo grandes aportes en micro redes no interconectadas a red, pero debido a la volatilidad del recurso, es necesario que su operación vaya acompañada de sistemas de almacenamiento. El propósito de esta investigación es maximizar los indicadores de confiabilidad ubicando de manera óptima sistemas de almacenamiento en una micro red, además, con la ayuda del algoritmo de búsqueda exhaustiva sujeto a restricciones de voltaje, pérdidas y flujo máximo; esto reflejado en los índices de confiabilidad SAIDI y SAIFI. El algoritmo fue puesto a prueba en tres escenarios los cuales consideran pérdida de generación convencional con tres casos para cada uno con sistemas de almacenamiento de potencia discreta, en un sistema de 13 barras donde se varían parámetros de generación y carga con el fin de obtener un modelo más real de una micro red.

**Palabras Clave:** Baterías, Continuidad de servicio, Micro red, Perfiles de voltaje, Sistemas de almacenamiento, Suministro de energía.

## Abstract

As technology advances, the generation of electric power with renewable resources has obtained great benefits in terms of quality and reliability, becoming more economically viable and cleaner with respect to generation with fossil fuels, which is why its growth is common, allowing large contributions in micro grids not interconnected to the grid, but due to the volatility of the resource, it is necessary that its operation be accompanied by storage systems. The purpose of this research is to maximize reliability indicators by optimally locating storage systems in a micro grid, in addition, with the help of the exhaustive search algorithm subject to voltage, loss and maximum flow restrictions; this is reflected in the SAIDI and SAIFI reliability indexes. The algorithm was put to the test in three scenarios which consider loss of conventional generation with three cases for each one with discrete power storage systems, in a system of 13 bars where generation and loading parameters are varied in order to obtain a most real model of a micro grid.

**Keywords:** BESS, Continuity of service, Micro grid, Voltage profiles, Storage systems, Power supply.

## 1. Introducción

Los sistemas eléctricos de potencia, SEPs, son un conjunto de instalaciones, equipos y máquinas eléctricas encargadas de suministrar energía eléctrica a todos los usuarios con la mayor calidad y servicio al menor costo posible, donde una micro red es un sistema relativamente pequeño de suministro de potencia [1].

Las micro redes son enormemente beneficiosas para brindar energía a regiones que son extremadamente inaccesibles por redes convencionales [2]. Las micro redes pueden operar tanto conectadas a la red como de manera aislada (off-grid) [3].

Una característica de los sistemas de potencia, es que la energía debe ser consumida al mismo tiempo que es generada y las micro redes no son la excepción. Si se tiene sistemas con generación de energía con recursos renovables, se hace complicado controlar esta característica pues la energía primaria depende de la aleatoriedad del recurso, por lo que de esta manera los sistemas de almacenamiento se hacen necesarios para poder mantener un balance entre generación y carga.

Como se menciona en [4], una micro red tiene características de intermitencia y volatilidad, existiendo problemas como nivel de voltaje o calidad de potencia, además del impacto en la red principal y de otras en la micro red; implementar sistemas de almacenamiento puede ser una solución efectiva a estos problemas, donde se tiene una alta importancia en la capacidad y ubicación de los mismos en el efecto de optimización en la micro red.

En [5], se muestran algunos tipos de sistemas de almacenamiento, siendo algunos de estos:

- Baterías electroquímicas
- Supercondensadores
- Volantes de inercia

- Centrales de bombeo o reacción

Cada una de estas tecnologías se caracterizan y modelan por parámetros como: el voltaje, corriente y temperatura para el caso de las baterías electroquímicas; velocidad de giro y momento de inercia para el caso de los volantes inerciales; así como, capacitancia, impedancia, voltaje y temperatura en el caso de los supercondensadores, sabiendo que todos estos tipos de tecnología son útiles para diferentes aplicaciones y siendo las baterías la principal tecnología a analizar en este documento.

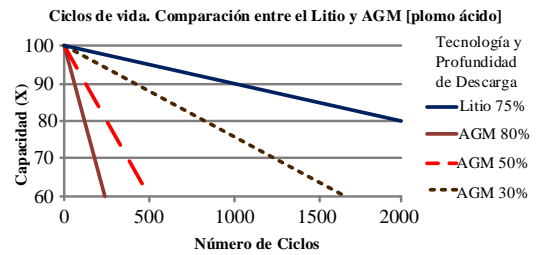
En [6], se analiza de forma descriptiva el funcionamiento de dos sistemas de almacenamiento, supercondensadores y volantes inerciales, así como sus diferencias y aplicaciones afines, pues estas tecnologías de almacenamiento, al igual que los bancos de baterías, pueden ser utilizadas con el fin de facilitar el flujo de energía entre generación y carga gracias a su característica de almacenamiento de energía.

La investigación de ubicación óptima de sistemas de almacenamiento en baterías (BESS) por sus siglas en inglés, es beneficioso para reducir costos en sistemas de distribución y mejorar la confiabilidad en el sistema de potencia [7],[8]. Además, las baterías presentan ventajas como su alta flexibilidad de capacidad, rápida respuesta a la demanda y bajo costo en comparación a otras tecnologías de almacenamiento [9].

Existen diferentes tecnologías de BESS disponibles actualmente en el mercado, como lo son baterías de Ion-litio, de Sulfuro de Sodio (NaS), plomo ácido y baterías de gel [10]. Los sistemas más utilizados actualmente en sistemas de potencia son plomo ácido e Ion-litio; las baterías de ion-litio trabajan en periodos más extensos en operación puesto que tienen más ciclos de carga y descarga (ver figura 1), sin

embargo, las baterías de plomo ácido son más utilizadas en sistemas aislados, pues son sistemas más económicos [11]. Las baterías de gel, por otro lado, son muy resistentes, incluso más que las de ion-litio y plomo ácido, pues cuentan con mayor resistencia entre sus placas, pero repercute en su necesidad de mayor tiempo de carga y su rendimiento se ve afectado [12]. Los ciclos de vida de los diferentes tipos de tecnologías son disímiles, por lo que es necesario compararlas con el fin de entender su funcionamiento y elegir de acuerdo con la necesidad. En la Figura 1 se muestran los ciclos de vida comparados entre dos tecnologías.

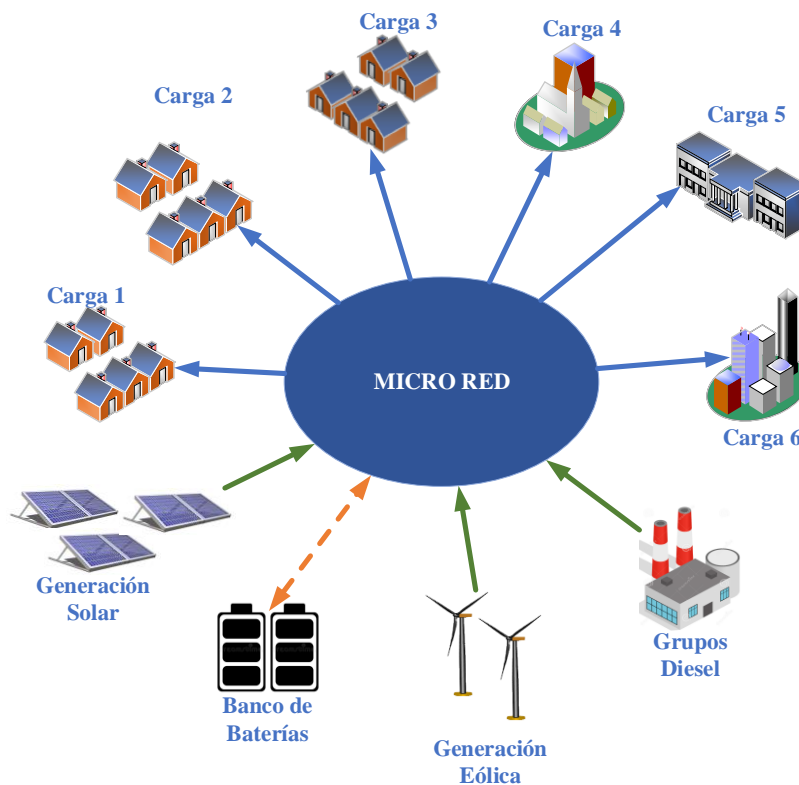
La profundidad de descarga (DOD) por sus siglas en inglés, es el complemento de la carga de un sistema de almacenamiento, por lo que se puede deducir que mientras mayor es la DOD, menores son los ciclos de vida de las baterías.



**Figura 1.** Ciclos de vida. Comparación entre el Litio y Plomo ácido [13].

El tipo de tecnología que se determine como método de almacenamiento, debe ser elegida en base a pruebas en el sistema bajo operación normal, por lo que es necesario compararlas (ver figura 3) para conocer su funcionamiento y elegir de acuerdo con la necesidad, siendo las baterías de plomo ácido utilizadas como objeto en esta investigación puesto que son las más comúnmente empleadas por su bajo costo en comparación a las de ion-litio y demás tecnologías detalladas previamente.

El principal aspecto para investigar en este documento es la óptima ubicación de estos sistemas de



**Figura 2.** Estructura de la Micro red.

almacenamiento debido a que, dependiendo del emplazamiento de estos dentro de la micro red, se puede minimizar costos con la reducción de pérdidas de potencia, mejorar los perfiles de voltaje y aprovechar la capacidad de las líneas de transmisión [14],[15], con lo que se pretende garantizar la continuidad del servicio.

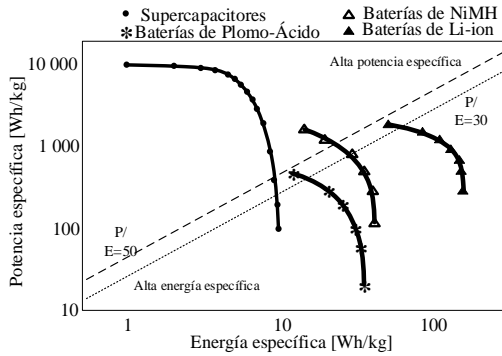


Figura 3. Comparación tecnologías de almacenamiento [16].

En la Figura 2 se aprecia la estructura de la micro red a ser modelada en esta investigación, que al ser una red aislada, cuenta con generación de energía con recursos renovables y cargas tanto residenciales como industriales, de modo que se hacen necesarios los sistemas de almacenamiento de energía para compensar la potencia faltante en horas en las que no es posible generar suficiente energía, que según [17], se recomienda no exceder los 10 MW por lo que se ha considerado una potencia discreta de 0, 3, 6 y 9 MW con el fin de probar el algoritmo para distintas dimensiones del BESS.

### 1.1. Indicadores de Confiabilidad

Los sistemas de potencia deben cumplir con requerimientos con la finalidad de brindar al usuario el mejor servicio [18], requerimientos como calidad de servicio eléctrico, donde el usuario demanda suministro de energía ininterrumpida [19], con niveles de voltaje y confiabilidad aceptables. Así las empresas pueden disminuir efectos negativos como el incremento de costos

de equipos de mantenimiento en caso de falla, reducción de beneficios por el desabastecimiento de energía o interrupción, además de sanciones que podrían recaer sobre el operador [20].

La confiabilidad del sistema puede ser medida mediante parámetros de calidad de producto, como el nivel de voltaje, perturbaciones de voltaje y factor de potencia, además de parámetros de calidad de servicio técnico, como son los índices de calidad Frecuencia Media de Interrupción (FMIK) y Tiempo Total de Interrupción (TTIK) [21].

Los índices de confiabilidad muestran qué tan fiable es la red o sistema en que se los aplica, ya que se puede dar un valor numérico a un indicador, pudiendo ser estos: Índice de duración promedio de interrupción del sistema (SAIDI) por sus siglas en inglés y el Índice de frecuencia de interrupción promedio del sistema (SAIFI) por sus siglas en inglés [22]. Los mismos, pueden ser calculados con las siguientes ecuaciones [22] y motivo de análisis en la presente investigación:

$$SAIDI = \frac{\sum r_i N_i}{N_T} \quad (1)$$

$$SAIFI = \frac{\sum N_i}{N_T} \quad (2)$$

Donde:

- $r_i$  Duración de cada interrupción
- $N_i$  Número de clientes interrumpidos
- $N_T$  Número total de clientes

## 2. Formulación del Problema

Al existir variabilidad de generación con energías renovables debido a la aleatoriedad de la naturaleza, en una micro red, ya sea aislada o conectada a la red, es necesario implementar un sustento de esa generación faltante para suministrar energía a todos los usuarios

y cubrir la demanda y/o minimizar cortes de servicio, aumentando así la confiabilidad de la red.

El modelo de micro red expuesta en el presente trabajo cuenta con diferentes cargas y generación que supone una variación producto de la incertidumbre del recurso, con lo que se aprecia un déficit de generación y por ende demanda de carga incapaz de ser abastecida, de manera que se implementará, en este caso, sistemas de almacenamiento, los cuales deben ser ubicados de manera óptima en la micro red donde se aproveche de mejor manera los beneficios de estos con la ayuda del algoritmo de búsqueda exhaustiva.

## 2.1. Función Objetivo

En el presente trabajo se pretende maximizar la continuidad de servicio que se brinda a los usuarios en la red eléctrica ubicando de manera óptima los sistemas de almacenamiento según la ecuación (3)

$$\min (\text{SAIDI}, \text{SAIFI}) \quad (3)$$

Donde:

SAIDI Índice de duración promedio de interrupción del sistema

SAIFI Índice de frecuencia de interrupción promedio del sistema

## 2.2. Restricciones

### 2.2.1. Perfil de Voltaje

Para cada potencia del banco de baterías, los voltajes se mantienen dentro de los valores límite  $V_{\min}$  y  $V_{\max}$  en cada nodo  $i$ , como se muestra en la ecuación (4).

$$V_{\min} \leq V_i \leq V_{\max} \quad (4)$$

Donde:

$V_{\min}$  Voltaje mínimo aceptable igual a 0.95 p.u.

$V_{\max}$  Voltaje máximo aceptable igual a 1.05 p.u.

$V_i$  Voltaje en cada nodo

### 2.2.2. Pérdidas

Las pérdidas totales del sistema son la sumatoria de la diferencia entre la potencia de generación en cada nodo  $P_{\text{gen},i}$  y la potencia de carga en cada nodo  $P_{\text{load},i}$  teniendo como límite un valor de 10% del total de generación, representado por la ecuación (5).

$$\sum (P_{\text{gen},i} - P_{\text{load},i}) < 0.1 \quad (5)$$

La red para analizar está conformada por 13 nodos con 11 cargas, en cada nodo se tiene un número de usuarios para el cálculo del SAIDI y el SAIFI, que dependiendo del número de interrupciones y número de horas (o minutos), se verán afectados. Se pretende que el número de interrupciones promedio disminuya al igual que la duración promedio de las interrupciones, con la implementación del (los) banco(s) de baterías, cabe mencionar que el BESS utilizado en el presente análisis se considera precargado en cada escenario.

Tabla 1: Parámetros y variables

Nomenclatura	Descripción
$P_{\text{gen},i}$	Potencia de generación en el nodo $i$
$P_{\text{load},i}$	Potencia de carga en el nodo $i$
$P_{\text{loss}}$	Pérdidas de potencia
$V_i$	Voltaje en el nodo $i$
SAIDI	Índice de duración promedio de interrupción del sistema
SAIFI	Índice de frecuencia de interrupción promedio del sistema
$R_{i,j}$	Resistencia de la línea $i,j$
$X_{i,j}$	Reactancia de la línea $i,j$
$\text{Cap}_{\text{SA}}$	Capacidad del sistema de almacenamiento
nf	Nodo final
$U_{\text{SA}}$	Ubicación del sistema de almacenamiento

**Tabla 2:** Algoritmo de ubicación óptima de sistemas de almacenamiento

Ubicación óptima de sistemas de almacenamiento	
Paso 1:	Inicio
Paso 2:	Extracción de datos estadísticos y operativos de la Micro red: SAIDI, SAIFI, $P_{gen,i}$ , $P_{load,i}$ , $R_{i,j}$ , $X_{i,j}$
Paso 3:	Búsqueda exhaustiva for $Cap_{SA} = 0, 3, 6, 9$ MW for $i = 1:nf$ $U_{SA}(Cap_{SA}, i) = \min(SAIFI, SAIDI)$ end end
Paso 4:	Resultados Plot( $Cap_{SA}$ , SAIDI) Plot( $Cap_{SA}$ , SAIFI) Plot( $i$ , $V_i$ ) Plot(Ploss, Hora)
Paso 5:	Fin

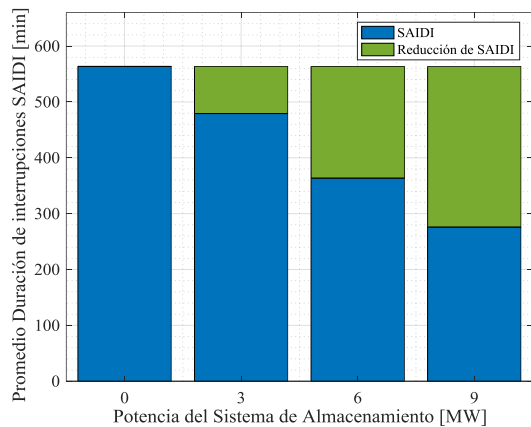
### 3. Análisis de Resultados

Para el análisis, se simularon 3 escenarios con 3 casos para cada uno, el escenario 1: cuando el sistema o micro red se mantiene con los valores por defecto sin la variación de ninguno de sus parámetros, el escenario 2: existe una variación en la generación del sistema, causando mayor inestabilidad en la micro red e incrementando las horas no suministradas del mismo y el escenario 3: incrementa la carga en el sistema en un 40%, por lo que sería conveniente incrementar la capacidad del BESS y se observa la variación de los índices de confiabilidad, los niveles de voltaje y las pérdidas.

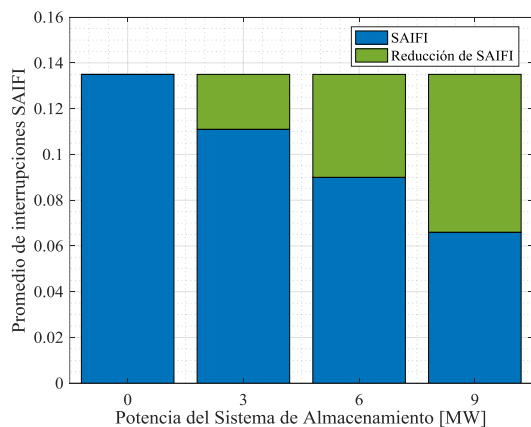
#### 3.1. Escenario 1

Se mantiene el sistema de 13 barras con la generación y demanda especificadas, sin sistema de almacenamiento ( $Cap_{SA} = 0$  MW). Con la utilización del algoritmo propuesto, se observa que se tiene un periodo de 12 horas de energía no suministrada en el sistema específicamente en las barras 3, 6, 11, 12 y 13 en demanda máxima, el cual afecta a 9104 clientes de la micro red.

- 1) Caso 1: Se implementa un sistema de almacenamiento en el nodo 12, según el resultado del algoritmo propuesto, pues es la ubicación en la cual existen menores pérdidas, los niveles de voltaje son aceptables, de esta manera se reduce el periodo a 10 horas no suministradas.
- 2) Caso 2: La capacidad del sistema de almacenamiento es de 6 MW, donde se presenta un aumento de continuidad de servicio a los clientes puesto que se reducen los índices de confiabilidad y se obtiene como resultado 8 horas no suministradas.
- 3) Caso 3: La capacidad del BESS es de 9 MW, existe una notable mejoría en los índices de confiabilidad y así permitiendo que se reduzcan a 6 las horas no suministradas.



**Figura 4.** Evolución Índice de confiabilidad SAIDI Escenario 1



**Figura 5.** Evolución Índice de confiabilidad SAIFI Escenario 1

Implementando el sistema de almacenamiento, se redujo tanto el promedio de interrupciones como la duración de las mismas; se puede ver reflejado en las figuras 4 y 5 mediante los índices de confiabilidad SAIFI y SAIDI que con la implementación del BESS de 3 MW para el primer caso, se aprecia una reducción del 15.01% de duración de interrupciones (ver figura 5), asimismo, se muestra una reducción del 35.51% y 51.05% en los casos siguientes, con el incremento de la capacidad del BESS a 6 MW y 9 MW. Los clientes afectados se redujeron a 7738, 5872 y 4456.

De la misma manera, el índice promedio de interrupciones se ve reducido en los casos 1, 2 y 3, de 563.67 minutos como base, a 463.50 minutos, 375.79 minutos y 275.57 minutos, es decir, una reducción del 17.77%, 33.33% y 51.11%, respectivamente. En la tabla 3 se realiza la comparación de estos 3 casos.

**Tabla 3:** Comparación de casos del escenario 1

$Cap_{SA}$ [MW]	$P_{loss}$ [MW]	SAIDI [min /user]	SAIFI [falla /user]	Horas <sub>NS</sub>	Afectados
3	21.49	479.11	0.111	10	7738
6	22.02	363.54	0.09	8	5872
9	20.38	275.89	0.06	6	4456

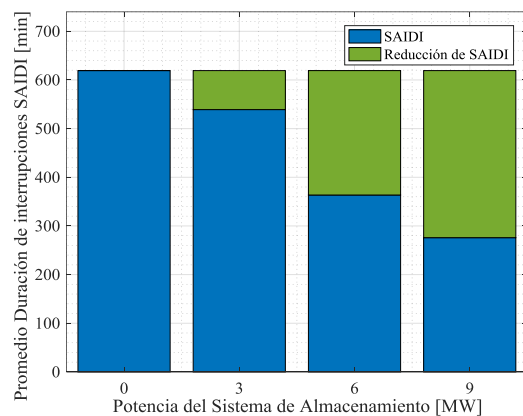
### 3.2. Escenario 2

Para este escenario, se ha visto reducida la generación en demanda media y alta en un 30% y 50% respectivamente en relación a su generación total de manera aleatoria para cada hora, con el fin de asemejar la aleatoriedad del recurso natural, donde se obtiene que existe interrupción de 14 horas de suministro de energía en las barras 3, 6, 10, 11 y 12, afectando a 9104 usuarios.

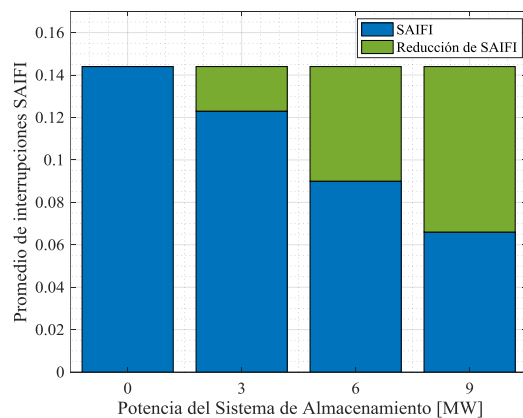
1) Caso 1: no se tiene sistema de almacenamiento y de la misma manera que en el escenario anterior, el algoritmo nos insta a ubicar el sistema de almacenamiento en la barra 12, pues los voltajes de las

barras son aceptables y aumenta el flujo hacia las cargas, por lo que se ubica un banco de baterías de 3 MW para este primer caso, permitiendo la reducción de energía no suministradas a 11 horas.

- 2) Caso 2: el banco de baterías aumenta a 6 MW, obteniendo como resultado un notable aumento en la continuidad de servicio en la micro red pues se reducen las horas no suministradas hasta un valor de 8 horas, lo cual beneficia a los usuarios.
- 3) Caso 3: se sitúa un banco de baterías con un valor de potencia de 9 MW; este incremento de capacidad del BESS, permite la reducción de las horas no suministradas a 6 horas, lo que aumenta la continuidad de servicio en la micro red.



**Figura 6.** Evolución Índice de confiabilidad SAIDI Escenario 2



**Figura 7.** Evolución Índice de confiabilidad SAIFI Escenario 2



Con la reducción de generación, incrementan las horas no suministradas de energía, incrementan los usuarios afectados, pero de la misma manera, con la implementación del BESS se ven reducidos los índices SAIDI y SAIFI (ver figuras 6 y 7), lo que permite observar el beneficio de la implementación de los BESS. En cada caso se aprecian los usuarios afectados siendo estos: 7925, 5344 y 4051 usuarios. Cabe destacar que, en la práctica, al existir demasiadas horas no suministradas, se opta por la implementación de más centrales de generación, pues es más económico y mejora la confiabilidad de la red.

**Tabla 4:** Comparación de casos del escenario 2

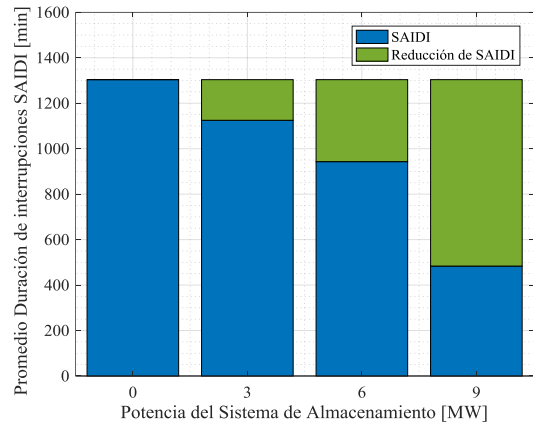
$Cap_{SA}$ [MW]	$P_{loss}$ [MW]	SAIDI [min /user]	SAIFI [falla /user]	$Horas_{NS}$	Afectados
3	21.99	539.11	0.123	11	7925
6	22.52	363.54	0.09	8	5344
9	20.88	275.83	0.066	6	4051

### 3.3.Escenario 3

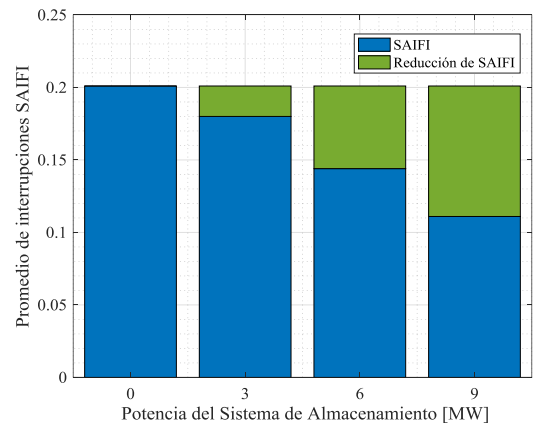
En este escenario, se realiza un incremento de carga en las barras 2 y 5, de un 40 %, manteniendo un 100% de su generación disponible, por lo que se obtiene que existen 15 horas no suministrada en las barras 3, 6, 8, 11, 12 y 13, que afecta a 31415 clientes, así permitiendo la implementación del sistema de almacenamiento, según el algoritmo, en la barra 13.

- 1) Caso 1: Se coloca el sistema de almacenamiento de 3 MW de capacidad en la barra 13, lo que favorablemente reduce la energía no suministrada hasta un valor de 16 horas.
- 2) Caso 2: Con el sistema de almacenamiento con capacidad de 6 MW, se reduce la energía no suministrada hasta 13 horas.
- 3) Caso 3: Al aumentar la capacidad del banco de baterías en 3 MW, se alcanza un valor de 9 MW, lo que

nos permite reducir las horas no suministradas hasta 10.



**Figura 8.** Evolución Índice de confiabilidad SAIDI Escenario 3



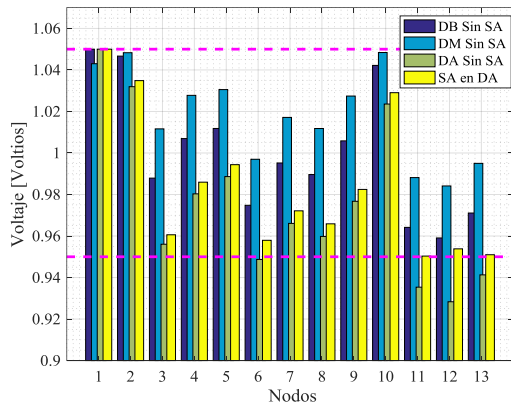
**Figura 9.** Evolución Índice de confiabilidad SAIFI Escenario 3

Con el incremento en un 40% de carga en los nodos 2 y 5, se ven afectados de manera considerable el número de usuarios, por lo que sería conveniente la implementación de centrales de generación, pero con fines de aplicación del algoritmo, se observa que con la adición del BESS, se ven reducidos los resultados de SAIDI y SAIFI (ver figuras 8 y 9), por lo que los usuarios afectados son: 27104, 22722 y 11651 usuarios.

**Tabla 5:** Comparación de casos del escenario 3

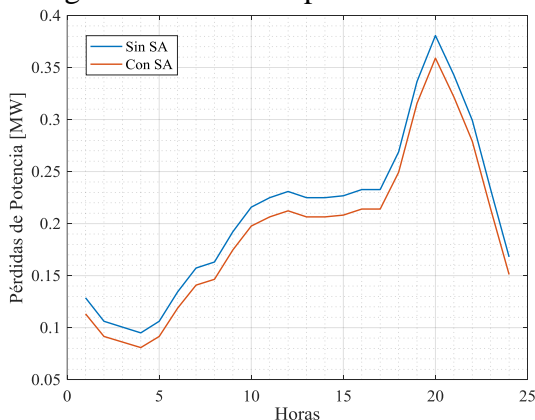
$Cap_{SA}$ [MW]	$P_{loss}$ [MW]	SAIDI [min /user]	SAIFI [fallas /user]	$Horas_{NS}$	Afectados
3	23.85	1124.9	0.18	16	27104
6	23.23	943	0.144	13	22722
9	22.73	483.54	0.111	10	11651





**Figura 10.** Perfiles de voltaje en nodos con y sin SA

Los perfiles de voltaje de cada barra (mostrados en la figura 10), representan el voltaje en cada nodo del sistema en dos de sus escenarios en demanda máxima; el primero, cuando la micro red carece de sistema de almacenamiento, teniendo voltajes no aceptables, es decir por debajo de 0.95 por unidad (p.u.) y el segundo, habiendo colocado de manera óptima el sistema de almacenamiento, donde claramente se aprecia que el efecto de los sistemas de almacenamiento en los voltajes nodales de la micro red, es de beneficio pues mejora dichos parámetros, permitiendo el abastecimiento de energía con calidad de producto.



**Figura 11.** Pérdidas del sistema con y sin SA

En una micro red existen pérdidas de potencia, debido a características de las líneas, las cuales incrementan en el caso de sobrecargar las líneas, ya sea por exceso de carga y/o generación insuficiente. Al implementar el BESS, se ven reducidas las pérdidas; en la figura 7 se presenta la gráfica de

pérdidas totales del sistema durante un día con y sin sistemas de almacenamiento, donde claramente se aprecia la disminución de pérdidas con la implementación del BESS en un 11.24 % en demanda baja, 8.16 % en demanda media y un 7.17 % en demanda alta con respecto al primero escenario para cada caso.

## 4. Conclusiones

Con la falta de generación suficiente para abastecer de energía eléctrica a todos los usuarios y debido a la estructura de la micro red, se hace necesaria la implementación de un banco de baterías y con la ayuda del algoritmo de búsqueda exhaustiva, se pudo encontrar la ubicación más apropiada para el banco de baterías, que es en el nodo 12, en el cual los niveles de voltaje son aceptables, con el uso de un BESS de 9 MW. permitiendo un mayor incremento de la continuidad de servicio hacia los usuarios y reduciendo los usuarios afectados en un 62.92%, reflejado en los índices de confiabilidad los cuales mejoraron en un 37%.

Los sistemas de almacenamiento son viables siempre y cuando su ubicación sea óptima, así permitiendo aprovechar al máximo sus beneficios dentro de la micro red o sistema, lo que sí se pudo alcanzar con el algoritmo propuesto, consiguiéndolo con las restricciones planteadas como perfiles de voltaje, pérdidas del sistema, flujo máximo y los índices que aseguran la reducción de interrupciones de servicio en la micro red.

Se concluye que, gracias al banco de baterías, es decir con la inyección de potencia activa cercana a la carga, incrementan los niveles de voltaje en los nodos pues se reduce la corriente que circula por las líneas y por ende se reducen las pérdidas; al aumentar los perfiles de voltaje mejora la calidad de producto, permitiendo suministrar de energía a todos los usuarios, lo que a su

vez se torna en incremento de continuidad de servicio.

Los indicadores de confiabilidad certificaron la mejora de la micro red con la implementación de los sistemas de almacenamiento; la variación de estos índices refleja la reducción tanto de frecuencia de interrupciones como tiempo de duración de los mismos.

## 5. Trabajos futuros

Con relación al tema y algoritmo planteado en esta investigación, se propone que para trabajos futuros se logre implementar restricciones como el análisis de armónicos en la reducción de interrupciones con sistemas de almacenamiento, así como el estudio de otras tecnologías de almacenamiento considerando el costo de los mismos.

También se propone el desarrollo del algoritmo añadiendo más parámetros de confiabilidad, como el índice de duración promedio de interrupción del sistema (ASIDI) y el índice promedio de frecuencia de interrupciones (ASIFI).

## 6. Referencias

- [1] Z. Liu *et al.*, "Typical island micro-grid operation analysis," in *2016 China International Conference on Electricity Distribution (CICED)*, 2016, pp. 1–4.
- [2] C. Parthasarathy, S. Dasgupta, and A. Gupta, "Optimal sizing of energy storage system and their impacts in hybrid microgrid environment," in *2017 IEEE Transportation Electrification Conference (ITEC-India)*, 2017, pp. 1–6.
- [3] T. Kerdphol, R. N. Tripathi, T. Hanamoto, Khairudin, Y. Qudaih, and Y. Mitani, "ANN based optimized battery energy storage system size and loss analysis for distributed energy storage location in PV-microgrid," in *2015 IEEE Innovative Smart Grid Technologies - Asia (ISGT ASIA)*, 2015, pp. 1–6.
- [4] J. Zhuang, G. Shen, J. Yu, T. Xiang, and X. Wang, "Micro-Grid Energy Storage Location and Sizing Optimization Method Based on Demand Response," in *2016 International Conference on Intelligent Transportation, Big Data & Smart City (ICITBS)*, 2016, pp. 517–520.
- [5] R. H. Byrne, T. A. Nguyen, D. A. Copp, B. R. Chalamala, and I. Gyuk, "Energy Management and Optimization Methods for Grid Energy Storage Systems," *IEEE Access*, vol. 6, pp. 13231–13260, 2018.
- [6] J. D. Boyes and N. H. Clark, "Technologies for energy storage. Flywheels and super conducting magnetic energy storage," in *2000 Power Engineering Society Summer Meeting (Cat. No.00CH37134)*, 2000, vol. 3, pp. 1548–1550 vol. 3.
- [7] H. Nazaripouya, Y. Wang, P. Chu, H. R. Pota, and R. Gadh, "Optimal sizing and placement of battery energy storage in distribution system based on solar size for voltage regulation," in *2015 IEEE Power & Energy Society General Meeting*, 2015, pp. 1–5.
- [8] M. Upasani and S. Patil, "Grid connected solar photovoltaic system with battery storage for energy management," in *2018 2nd International Conference on Inventive Systems and Control (ICISC)*, 2018, pp. 438–443.
- [9] M. T. Lawder *et al.*, "Battery Energy Storage System (BESS)

- and Battery Management System (BMS) for Grid-Scale Applications,” *Proc. IEEE*, vol. 102, no. 6, pp. 1014–1030, 2014.
- [10] C. Root, H. Presume, D. Proudfoot, L. Willis, and R. Masiello, “Using battery energy storage to reduce renewable resource curtailment,” in *2017 IEEE Power & Energy Society Innovative Smart Grid Technologies Conference (ISGT)*, 2017, pp. 1–5.
- [11] S. Podder and M. Z. R. Khan, “Comparison of lead acid and Li-ion battery in solar home system of Bangladesh,” in *2016 5th International Conference on Informatics, Electronics and Vision (ICIEV)*, 2016, pp. 434–438.
- [12] G. Bonduelle and X. Muneret, “VRLA batteries in telecom application: AGM or gel?,” in *TELESCON 2000. Third International Telecommunications Energy Special Conference (IEEE Cat. No.00EX424)*, 2000, pp. 75–79.
- [13] Linadium Energy - Zero Energy Solutions, “Ventajas de las baterías Linadium LiFePO4 | Hybrid Stein Group,” *DESVENTAJAS DE LAS BATERÍAS CONVENCIONALES DE PLOMO ÁCIDO*, 2017. [Online]. Available: <http://www.hybridsteingroup.com/ventajas-baterias-linadium/>. [Accessed: 10-May-2019].
- [14] M. Ghofrani, A. Arabali, M. Etezadi-Amoli, and M. S. Fadali, “A Framework for Optimal Placement of Energy Storage Units Within a Power System With High Wind Penetration,” *IEEE Trans. Sustain. Energy*, vol. 4, no. 2, pp. 434–442, 2013.
- [15] S. Wen, H. Lan, Q. Fu, D. C. Yu, and L. Zhang, “Economic Allocation for Energy Storage System Considering Wind Power Distribution,” *IEEE Trans. Power Syst.*, vol. 30, no. 2, pp. 644–652, 2015.
- [16] M. Mastragostino and F. Soavi, “Strategies for high-performance supercapacitors for HEV,” *J. Power Sources*, vol. 174, no. 1, pp. 89–93, 2007.
- [17] H. Farzin, M. Fotuhi-Firuzabad, and M. Moeini-Aghtaie, “Role of Outage Management Strategy in Reliability Performance of Multi-Microgrid Distribution Systems,” *IEEE Trans. Power Syst.*, vol. 33, no. 3, pp. 2359–2369, 2018.
- [18] M. M. M. Kahani, S. M. Sajjadi, and H. T. Zavareh, “A wind farm’s reliability and effects of the wind farm on a distribution grid’s reliability indices,” in *Iranian Conference on Smart Grids*, 2012, pp. 1–4.
- [19] P. C. Sekhar, R. A. Deshpande, and V. Sankar, “Evaluation and improvement of reliability indices of electrical power distribution system,” in *2016 National Power Systems Conference (NPSC)*, 2016, pp. 1–6.
- [20] N. V Savina, Y. V Myasoedov, and L. A. Myasoedova, “Influence of Quality of the Electric Energy on Reliability of Electrical Supply Systems,” in *2018 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies (FarEastCon)*, 2018, pp. 1–5.
- [21] A. Mullo, V. Javier, M. Jiménez, M. Pilatasig, and H. Iturralde, “Analysis of the

- incidence of grounding with high resistivity against atmospheric discharges in the sub — Transmission line of 69KV San Rafael — Mulalo,” in *2017 CHILEAN Conference on Electrical, Electronics Engineering, Information and Communication Technologies (CHILECON)*, 2017, pp. 1–5.
- [22] “IEEE Guide for Electric Power Distribution Reliability Indices,” *IEEE Std 1366-2012 (Revision of IEEE Std 1366-2003)*, pp. 1–43, 2012.
- [23] W. Tao and X. Yuan, “Investigation on the Application of IEC61850 in Smart Distribution Grid with Micro-grid,” in *2012 International Conference on Control Engineering and Communication Technology*, 2012, pp. 847–850.
- [24] A. B. Jadhav and S. H. Pawar, “Power management of DC micro-grid and AC grid,” in *2017 International Conference on Innovations in Information, Embedded and Communication Systems (ICIIECS)*, 2017, pp. 1–5.
- [25] H. Asgeirsson, “Status of the Community Energy Storage deployment at DTE Energy,” in *2011 IEEE Power and Energy Society General Meeting*, 2011, p. 1.
- [26] G. I. Samorodov, T. G. Krasilnikova, R. A. Yatsenko, and S. M. Zilberman, “An Analytical Method for Reliability Evaluation of Two Interconnected Power Systems,” in *2006 International Conference on Probabilistic Methods Applied to Power Systems*, 2006, pp. 1–6.
- [27] C. A. Warren, “Overview of 1366-2001 the Full Use Guide on Electric Power Distribution Reliability Indices,” in *IEEE Power Engineering Society Summer Meeting*, 2002, vol. 2, pp. 650–653 vol.2.
- [28] A. H. Slocum, G. E. Fennell, G. Dunder, B. G. Hodder, J. D. C. Meredith, and M. A. Sager, “Ocean Renewable Energy Storage (ORES) System: Analysis of an Undersea Energy Storage Concept,” *Proc. IEEE*, vol. 101, no. 4, pp. 906–924, 2013.
- [29] J. Langston, M. Stanovich, K. Schoder, and M. Steurer, “Distributed energy storage allocation algorithm for early stage design,” in *2017 IEEE Electric Ship Technologies Symposium (ESTS)*, 2017, pp. 345–351.
- [30] Y. Xiang, L. Wang, and T. Fu, “A preliminary study of power system reliability considering cloud service reliability,” in *2014 International Conference on Power System Technology*, 2014, pp. 2031–2036.

## 7. Estado del Arte

### 7.1. Matriz de estado del arte

UBICACIÓN ÓPTIMA DE SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO PARA MAXIMIZAR LA CONTINUIDAD DE SERVICIO EN UNA MICRO RED																											
ITEM	DATOS			TEMÁTICA				FORMULACION DEL PROBLEMA				RESTRICCIONES DEL PROBLEMA			ALGORITMO DE OPTIMIZACIÓN			SOLUCIÓN PROPUESTA									
	AÑO	TÍTULO DEL ARTÍCULO	CITAS	Sistemas de Almacenamiento	Flujos de Potencia	Confiabilidad de sistemas	Generación distribuida	Micro redes	Estabilidad de voltaje	Confiabilidad	Abastecimiento de energía	Capacidad de sistemas de almacenamiento	Ubicación de sistemas de almacenamiento	Pérdidas	Límite de flujo de potencia por líneas de transmisión	Costos	Perfiles de voltaje	Flujo de potencia	Algoritmo genético	Método iterativo	Algoritmo de colocación de datos de alta fiabilidad	Algoritmo de tiempo polinomial	Generación distribuida	Implementación de sistema de almacenamiento	Equipos de electrónica de potencia	Rediseño de Micro red	Estudio de cargabilidad de sistema
1	2016	Typical island micro-grid operation analysis	2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	2017	Optimal Sizing of Energy Storage System and their Impacts in Hybrid Microgrid Environment	0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	2015	ANN based Optimized Battery Energy Storage System Size and Loss Analysis for Distributed Energy Storage Location in PV-Microgrid	3	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	2016	Micro-grid Energy Storage Location and Sizing Optimization Method Based on Demand Response	1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	2018	Energy Management and Optimization Methods for Grid Energy Storage Systems	22	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>



20	2017	Analysis of the incidence of grounding with high resistivity against atmospheric discharges in the sub transmission line of 69KV San Rafael - Mulalo	0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
21	2012	IEEE Guide for Electric Power Distribution Reliability Indices	1021	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
22	2010	Reliability Considerations for Application of Smart Grid Technologies	21	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
23	2012	Investigation on the Application of IEC61850 in Smart Distribution Grid with Micro-grid	3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
24	2017	Power Management of DC micro-grid and AC grid	0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
25	2011	Status of the Community Energy Storage Deployment at DTE Energy	4	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
26	2006	Analytical Method for Reliability Evaluation of Two Interconnected Power Systems	0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
27	2002	Overview of 1366-2001 the Full Use Guide on Electric Power Distribution Reliability Indices	9	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
28	2013	Ocean Renewable Energy Storage (ORES) System Analysis of an Undersea Energy Storage Concept	52	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
29	2017	Distributed Energy Storage Allocation Algorithm for Early Stage Design	0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
30	2014	A Preliminary Study of Power System Reliability Considering Cloud Service Reliability	2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
CANTIDAD:				15	1	10	2	11	3	9	11	1	4	7	3	4	9	1	3	0	5	10	4	2	6

## 7.2. Resumen e Indicadores del estado del arte

