



# ESTUDIO DE CONFIABILIDAD PARA PROPUESTA DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN DE ENERGÍA MARINA INTERCONECTADO A LA RED ELÉCTRICA.

Luis Angel Esquivel Saenz y Felipe Hernández Mena

Universidad Autónoma de Zacatecas



CEMIE-Océano



CEMIE-Océano  
Asociación Civil

Se realizó el análisis de confiabilidad de una propuesta de un sistema de generación por corrientes submarinas ubicado en el Canal de Cozumel con las coordenadas 20,701005, - 86.916664. El cual cuenta con una capacidad instalada de 20 MW generados por 10 turbinas marinas de 2 MW con separación lateral de 125 m entre turbinas y están organizados en dos grupos de 5 turbinas con una distancia de 200 m entre ambos con dimensiones de 550 m de largo por 220 m de ancho abarcando una área de 121000  $m^2$  como se muestra en la Figura 1.

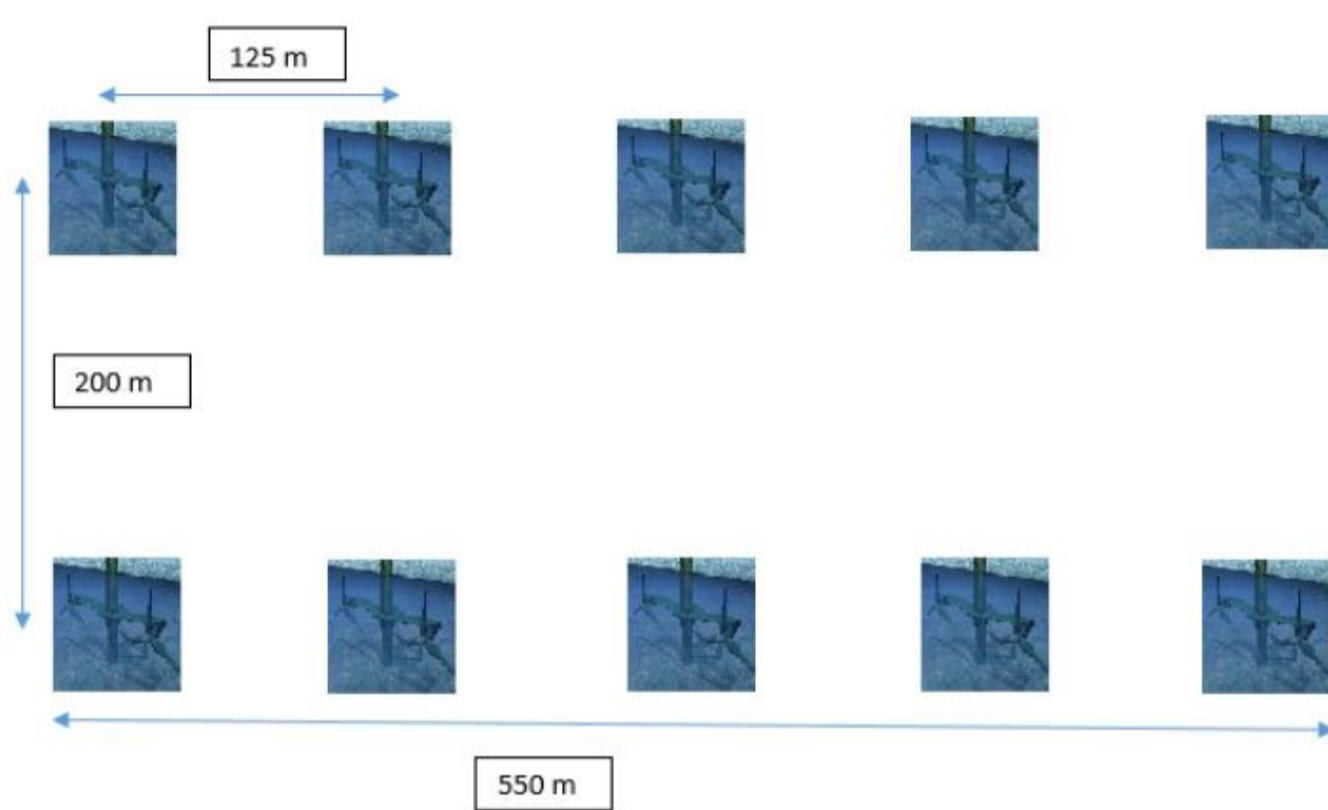


Figura: Configuración del sistema de generación.

Para el análisis del sistema de estudio se necesita la obtención de los índices de confiabilidad (tiempo medio para falla, tiempo medio para reparación, tiempo medio entre fallas, tasa de falla, etc.) de todos los componentes como los son transformadores, generadores, interruptores entre otros. Estos índices dependen de su diseño, fabricación, edad del componente, condiciones climatológicas y prácticas de operación y mantenimiento. Al no contar con tales datos por tratarse de un sistema de diseño se utilizó información recopilada de fichas técnicas obtenidas en el software comercial ETAP, basadas en el IEEE Std 493-1997 (Gold book).

Mediante uso de software ETAP se realizó la evaluación de confiabilidad calculada en los buses considerando una contingencia simple para el sistema obteniendo los índices de falla por año y reparación.

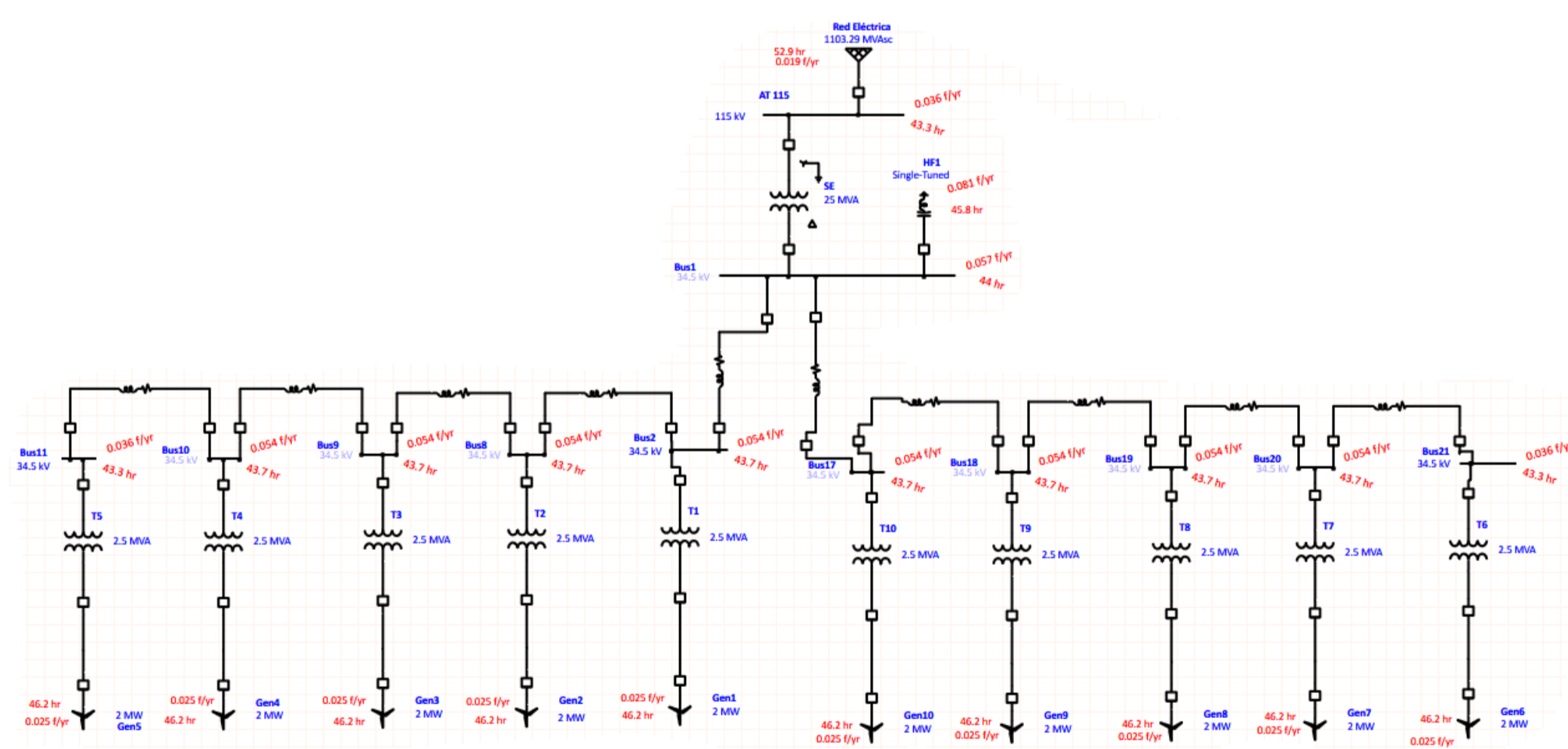


Figura: Duración anual de salidas del sistema en (horas/año) y (horas).

se evalúa la confiabilidad en la generación del sistema donde se preverá salidas no planeadas y el posible crecimiento o expansión de la carga demandada, será de 5% anual y una carga lineal donde el pico de carga es de 16 MW (100%) y una carga mínima de 50%. Se realizaron las siguientes consideraciones para el estudio de generación, las unidades de generación se asume están conectadas a una misma barra, se considera el sistema de transmisión siempre está disponible. se aplica una distribución binomial para las unidades en operación y fuera de servicio, que para este caso son todas de 2 MW y se propone un margen de riesgo de 0.004 días, se estima un periodo de evaluación para los próximos 10 años.

Dado que el décimo año la capacidad instalada no cumple con el criterio de riesgo se hizo una expansión de capacidad de generación a 28 MW añadiendo cuatro turbinas más al sistema.

Tabla: Expansión de 28 MW para el año 10

Fuera de servicio	En operación	Probabilidad		Tiempo tk	Pérdida de carga esperada
		Individual	Acumulativa		
0	28	0.984709627	1		
2	26	0.015374443	0.015485892		
4	24	0.000111449	0.000111946	6.61732513	0.000737494
6	22	4.97163E-07	4.98688E-07	22.732548	1.13018E-05
8	20	1.52474E-09	1.52814E-09	38.8477709	5.92326E-08
10	18	3.40086E-12	3.40654E-12	54.9629939	1.86921E-10
12	16	5.68909E-15	5.69634E-15	71.0782168	4.0437E-13
14	14	7.251E-18	7.25807E-18	87.1934397	6.32239E-16
16	12	7.07569E-21	7.08095E-21	103.308663	7.3098E-19
18	10	5.26067E-24	5.2636E-24		
20	8	2.93342E-27	2.93461E-27		
22	6	1.18961E-30	1.18994E-30		
24	4	3.31671E-34	3.31728E-34		
26	2	5.69059E-38	5.69105E-38		
28	0	4.53307E-42	4.53307E-42		
<b>LOLE : 0.002733321</b>					

Para la evaluación de confiabilidad del sistema compuesto Generación-Transmisión se evalúa la confiabilidad del sistema con los parámetros individuales de cada componente y asumiendo que todos estos son reparables y con una tasa de falla constante (vida útil de los componentes).

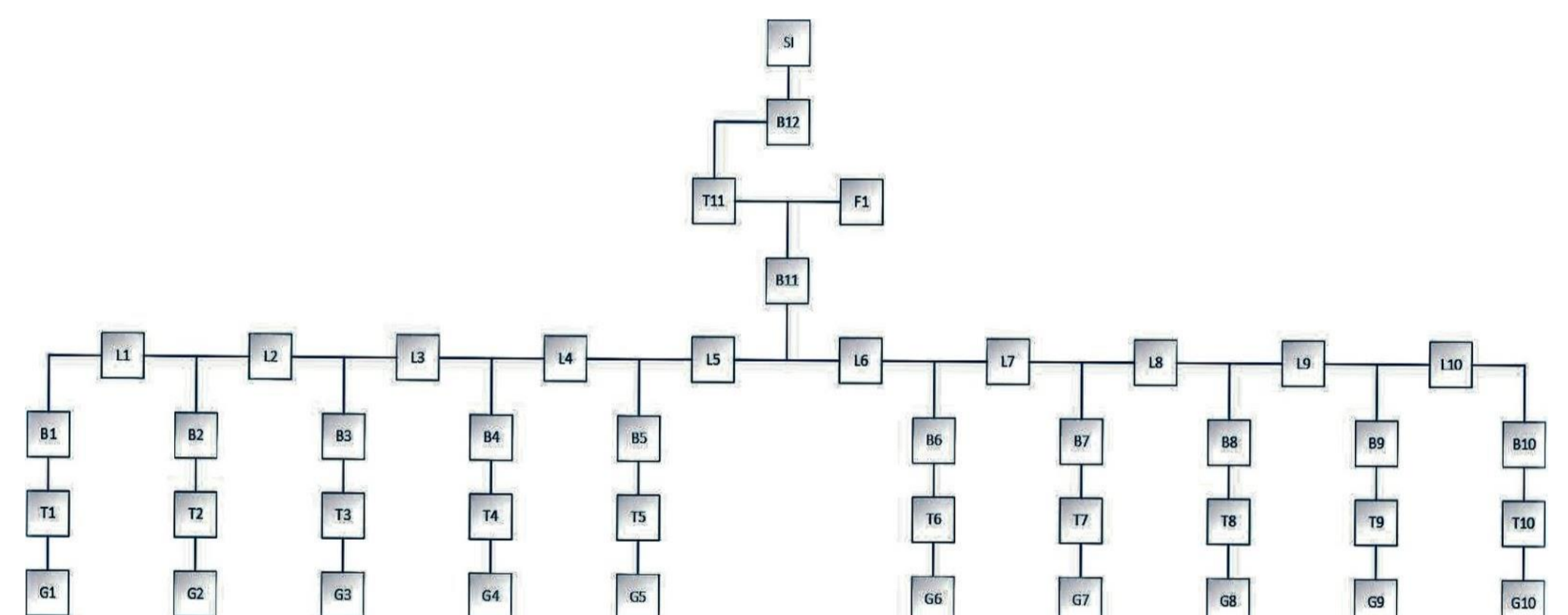


Figura: Diagrama de bloques del sistema compuesto.

Se obtienen los parámetros individuales de confiabilidad y se reducirá el sistema por el método de serie-paralelo para llegar así a un bloque de confiabilidad equivalente de todo el sistema.

Obteniendo una confiabilidad total del sistema del bloque equivalente

$$R(t) = 0.88631$$

## Conclusiones

- El uso de herramientas probabilísticas permiten estimar un comportamiento futuro del sistema, dando a conocer las condiciones de los equipos y la probabilidad de falla a través de un modelado de confiabilidad del sistema, esto nos permite tener una valoración del riesgo total y así se permita una mejor planeación del sistema tomando mejores decisiones para su desarrollo.
- Mediante la obtención de índices de confiabilidad se logra evaluar el comportamiento futuro de cada componente en el sistema de generación, así se obtiene tener una noción de cuan confiable será el sistema en los diferentes intervalos de tiempo propuestos.
- Se realizó el análisis generación para obtener las diferentes probabilidades de falla en escenarios de contingencias simples y múltiples, además de la obtención de probabilidad de la energía no suministrada, pérdida de carga debido a salidas no planeadas y de que el sistema no cumpla con la expectativa de crecimiento de la carga demandada, donde se implementaron adecuaciones que permitan mejorar la confiabilidad.
- Con el uso del software ETAP se obtuvieron diferentes índices de confiabilidad para el sistema como tasas de falla promedio para los buses y fuentes de energía eléctrica considerando una contingencia simple.
- Para el sistema compuesto se realizó un diagrama de bloques en donde se combinaron las confiabilidades de cada componente para así obtener la confiabilidad total del sistema reduciendo a un solo bloque equivalente.