



CU9700432

INIS - CU - - 0005

**ESTIMATION OF THE LOSS OF OFFSITE POWER
FREQUENCY FOR THE PROBABILISTIC SAFETY
ASSESSMENT OF THE JURAGUA NPP.**

Juan José Vilaragut Llanes
Conrado Valhuerdi Debesa
National Center for Nuclear Safety

Abstract

The loss of offsite power is defined as the interruption of the preferred power supply to the essential and non essential switchgear buses necessitating or resulting in the use of emergency AC power supply. Because many safety systems required for reactor core decay heat removal and containment heat removal depend on AC power, a loss of offsite power, if emergency power supply (diesel generators) fails, could be severe accidents.

The purpose of this work was to determine, for the Probabilistic Safety Assessment of the Juragua NPP, the causes, frequency and duration relationships of the loss of offsite power. A description is presented of the different factors that determine the occurrence of this event and the characteristics for the Juragua NPP.

ESTIMACION DE LA FRECUENCIA DE LA PERDIDA DEL SUMINISTRO ELECTRICO EXTERIOR PARA SU UTILIZACION EN EL APS PREOPERACIONAL DE LA CEN JURAGUA.

**Juan José Vilaragut Llanes
Conrado Valhuerdi Debesa**

Centro Nacional de Seguridad Nuclear.

Introducción

Las cargas eléctricas de una CEN están alimentadas, según estén relacionadas o no con la seguridad, desde diferentes fuentes, que incluyen:

1. suministro de energía alterna a través del transformador de operación de servicios propios (para las cargas de operación normal y de seguridad).
2. suministro de energía alterna a través del transformador de reserva (para las cargas de operación normal y de seguridad).
3. suministro de energía alterna a partir de los generadores diesel de emergencia (para las cargas de seguridad).

El esquema de conexión de las cargas a las fuentes de energía relacionadas se configura en dependencia de la situación en que se encuentre la Central. En caso de que se produzca cualquier situación operacional o condición de accidente que implique disparo de planta (SI), se desconectan las cargas de operación normal no relacionadas con las funciones de seguridad a ejecutar y se conectan las cargas de seguridad.

Cuando se produce el disparo del generador o se pierde la alimentación desde el transformador de operación de servicios propios por cualquier otra razón, la alimentación eléctrica a las barras relacionadas con la seguridad se transfiere al transformador de reserva y si por alguna razón dichas barras quedan desenergizadas, arrancan automáticamente los generadores diésel de emergencia y se alimentan desde éstos.

Se define como situación de pérdida de suministro externo aquella en que se ha perdido la capacidad de alimentar las barras de corriente alterna relacionadas con la seguridad desde cualquiera de las alimentaciones eléctricas exteriores (transformador de operación de servicios propios y de reserva) requiriéndose el suministro desde los generadores diésel de emergencia. Si a su vez fallase dicho suministro a todas las barras de corriente alterna relacionadas con la seguridad, la situación resultante sería la pérdida total de corriente alterna (station blackout).

La experiencia de explotación de las centrales nucleares ha mostrado que la pérdida del suministro externo puede ocurrir debido a diferentes causas. Estas son relativas al diseño de la instalación, a la fiabilidad de la red, y las influencias externas.

Pérdida del suministro externo debida a sucesos centrados en la planta.

Las fuentes externas pueden perderse aun cuando la red esté intacta. Cuando la red es muy confiable, las pérdidas de suministro externo por sucesos centrados en la planta pueden ser el contribuyente fundamental. Estos sucesos consideran el fallo de los equipos, deficiencias en el diseño, errores humanos en mantenimiento y conmutación, fallos locales inducidos por fenómenos meteorológicos severos o combinaciones de estos tipos de fallos.

Dos características del diseño han sido identificadas como potencialmente significativas con respecto a la duración y frecuencia de la pérdida del suministro externo [1]:

- la independencia de las fuentes de energía externa.
- el número de circuitos de acceso y los esquemas de transferencia a las barras de emergencia.

Los análisis realizados en [1] determinaron que no existe correlación estadísticamente significativa entre la frecuencia de la pérdida del suministro eléctrico exterior debido a sucesos centrados en la planta y las características de diseño, sin embargo, la independencia de las fuentes de suministro externo resultó estadísticamente determinante sobre la duración de este suceso o tiempo de recuperación requerido.

Así, en [1] se establecen 3 categorías de diseño que determinan tiempos medios de recuperación de 0.20, 0.39 y 0.78 horas respectivamente. Para la CEN Juraguá las principales características de diseño son:

- Todas las fuentes de energía externa son conectadas a la planta a través de una subestación de 220 kV.
- Cuando la fuente de corriente alterna normal falla, el esquema de transferencia para la alimentación a los consumidores desde el exterior es manual.

De acuerdo a la categorización referida y las características de diseño de la CEN Juraguá mencionadas, a ésta corresponde la categoría 3 de diseño establecida en [1].

Pérdida del suministro externo debida a sucesos centrados en la fiabilidad de la red

La fiabilidad de la red considera la capacidad del sistema electroenergético para satisfacer la demanda dentro de los límites de funcionamiento de los componentes así

como su capacidad para soportar perturbaciones sin que se produzcan disparos incontrolados en cascada (colapso), lo cual puede resumirse en dos tipos de eventos:

- Pérdida de la capacidad de generación
- Pérdida de la capacidad de transmisión

La fiabilidad de la red ha sido tradicionalmente el factor predominante asociado a la frecuencia de pérdida del suministro eléctrico exterior, mientras que la duración de estos sucesos, cuando están relacionados con la red, está determinada fundamentalmente por:

- la disponibilidad de procedimientos adecuados de restauración.
- la disponibilidad de fuentes de energía capaces de abastecer a la central nuclear en aislamiento por una perturbación de la red.

Ambos factores pueden contribuir a una reducción significativa en la duración del evento.

En [1] se establecen 4 categorías de fiabilidad de la red (frecuencias de pérdida desde mayores que 0.3 hasta menores que 0.01/reactor-año) y 2 categorías de recuperación después de pérdidas por tal causa (existencia de capacidad y procedimientos para recuperar energía externa en 1/2 hora), que se combinan resultando en 7 categorías de fiabilidad-recuperación de la red.

Tomando en consideración la ocurrencia de pérdidas de la capacidad de generación y de transmisión en el SEN [2]¹, se asume la categoría 4 de fiabilidad de la red, correspondiente a los mayores valores de frecuencia de pérdida reportados en [1] (mayores a 0.3/reactor-año). Se asume además que la planta cuenta con capacidad y procedimientos para recuperar la energía externa en media hora después de la pérdida (categoría 1 de recuperación), lo que determina la categoría 4 de fiabilidad-recuperación.

Pérdida del suministro externo debido a influencias externas.

Los problemas atmosféricos pueden impactar grandes territorios, siendo una causa potencial de la pérdida de energía eléctrica exterior afectando la localidad de la central o una gran porción de la red y facilidades de transmisión cercanas.

Algunas de las pérdidas inducidas por fenómenos atmosféricos pueden ser recobradas en corto tiempo. Por ejemplo, los vientos fuertes pueden hacer que dos líneas que se encuentran próximas hagan contacto y originen un cortocircuito temporal, pero el reseteo automático del interruptor puede minimizar la duración de la pérdida de suministro externo.

Sin embargo, estos fenómenos también pueden causar pérdidas de larga duración que son mucho más importantes para la operación segura de la CEN. Por ejemplo, los huracanes pueden derribar torres de transmisión o cortar líneas de transmisión y el

restablecimiento de tales consecuencias puede tomar largo tiempo. Es decir, estos eventos pueden dividirse en dos grandes tipos:

1. aquellos que causan la pérdida del suministro externo, pero no afectan el tiempo de restauración (normalmente este tipo de evento está considerado entre los centrados en la planta o relacionados con la red).
2. aquellos que causan la pérdida del suministro externo y crean condiciones que determinan que el mismo no sea o no pueda ser restaurado por un largo tiempo.

En [1] se establecen 5 categorías de frecuencia de pérdida de la red por fenómenos atmosféricos severos (desde menores que 0.002 hasta 0.2 / reactor-año) y 2 categorías de acuerdo al tiempo de recuperación (existencia de capacidad y procedimientos para recuperar la energía externa en 2 horas). La combinación de las categorías anteriores da lugar a 10 categorías de frecuencia de pérdida-recuperación por estos fenómenos.

De [3] se tienen las siguientes estadísticas:

- 23 días/año con vientos fuertes (más de 54 Km/h)
- 60 días/año con tormentas
- los ciclones grandes atraviesan Cuba cada 2 años como promedio.

Así, por ser Cuba una isla tropical, con alta incidencia de estos fenómenos, y asumiéndose que no se dispone de procedimientos para recuperar la red ante los mismos, se asume la categoría 10 de frecuencia de pérdida-recuperación de la energía externa por fenómenos tropicales severos.

Para pérdidas del suministro eléctrico exterior causadas por fenómenos atmosféricos extremadamente severos tales como grandes huracanes, vientos muy fuertes (velocidades mayores que 200 Km/h) y tornados, la restauración de la energía externa fue asumida que no ocurra antes de las 24 h después estos sucesos, estableciéndose 5 categorías de acuerdo a la frecuencia de estos eventos (desde menores de 0.0002 hasta mayores a 0.02 / reactor-año) [1].

En [3] se plantea que la frecuencia de ocurrencia de huracanes y tornados de gran intensidad (1600 kgf/m^2) es de 1 vez/10000 años, por lo que para la CEN Juraguá se hace corresponder la frecuencia de pérdida del suministro externo debido a estos sucesos con la categoría 1 de las anteriores, que se corresponde con frecuencias menores a 0.0002 / reactor-año.

Estimación de la frecuencia-duración de pérdidas de energía externa.

En [1] se establecen 5 categorías de frecuencia-duración de pérdida del suministro eléctrico exterior en función de diferentes combinaciones de las categorías establecidas

para los factores que sobre ella inciden. De acuerdo a las categorías asignadas a la CEN Juraguá para cada uno de los factores por separado, la categoría global que más se ajusta considerando todos los factores es la categoría 5. En ello es determinante la asignación de la categoría 10 de fenómenos tropicales severos.

Los valores de frecuencia-duración de la pérdida de suministro eléctrico exterior para la categoría 5 se resumen en la tabla 2

Frecuencia (1/reactor-año)	cualquier duración	2 horas	4 horas	8 horas	16 horas
Límite Superior	0.3927	0.1838	0.1242	0.0647	0.0287
Media	0.3306	0.1504	0.1006	0.0477	0.014
Mediana	0.3343	0.1466	0.097	0.0449	0.0123
Límite Inferior	0.2792	0.1354	0.0909	0.0412	0.0086

Tabla 2 Frecuencia-duración de pérdida de energía exterior para la categoría 5 de estos sucesos¹

Por tanto, como frecuencia del suceso T1 para la CEN Juraguá se adopta la correspondiente a la categoría 5, para el caso de pérdidas de cualquier duración, es decir, **0.3306 / reactor-año**.

Se puede apreciar que el valor de frecuencia adoptado es muy próximo a 0.32/reactor-año), que es el valor superior de los reportados en [4] para este tipo de iniciador, el cual se seleccionó teniendo en cuenta las particularidades de nuestro SEN: diseño radial, por tratarse de una isla alargada, sin posibilidades de interconexión más allá de sus fronteras, con afectación por fenómenos tropicales.

A modo de comparación se presentan en la tabla 3 algunos valores de frecuencias de iniciadores de este tipo para diferentes países con reactores VVER, tomados referencia [4].

APS de Greiswald	APS de Loviisa	Estudio de Riesgo de nivel superior de Kozloduy
1.0 E-2/año	2.5 E-2/año	1.0 E-2/año

Tabla 3 Frecuencia de ocurrencia de "T1" para reactores VVER.

Conclusiones

En el presente trabajo se estima la frecuencia de pérdida del suministro eléctrico exterior, que es necesaria para la cuantificación de la probabilidad de daño al núcleo asociado a las secuencias accidentales que pueden derivarse de este iniciador, entre ellas las de station blackout, y a diferencia de otros sucesos iniciadores abordados hasta el momento

¹ Cada categoría de duración corresponde a la duración de la pérdida de la energía exterior mayor o igual al valor establecido en el encabezamiento

en el APS de la CEN Juraguá, para los que se han adoptado valores de frecuencia reportados para otros reactores VVER, se hace una estimación, que aunque esencialmente genérica, considera las particularidades del sistema electroenergético cubano.

Referencias

- [1] NUREG 1032. Evaluation of Station Blackout Accidents at Nuclear Power Plants, USNRC, 1988.
- [2] Memoria Anual de la UNE, MINBAS, 1984-1989
- [3] Proyecto Técnico de la CEN Juraguá, Tomo I, 1982.
- [4] IAEA-TECDOC-719. Defining initiating Events for Purposes of PSA, IAEA. 1993.