

Análisis de expansión para un Sistema de Potencia con altos Aportes Hídricos

Jorge W. GONZÁLEZ, Isabel C. ÁLVAREZ

*Facultad IEE, Universidad Pontificia Bolivariana; Cir. 1 #70-01, B11, Medellín, Colombia.
isa.alvarezh@gmail.com*

Resumen: Se destacan aciertos y desaciertos encontrados en el desarrollo de proyectos que se relacionan con la temática de expansión del sistema eléctrico de potencia. Las simulaciones con un escenario de altos aportes hídricos permitieron apreciar que la respuesta del sistema será muy dependiente de la ubicación de las fuentes y de las cargas, las cuales poseen características particulares para cada sistema. Se logró efectuar una serie de recomendaciones que pueden resultar útiles para la planeación de sistemas eléctricos de potencia. *Copyright © UPB 2014*

Palabras clave: Alternativa de expansión, Análisis eléctrico, Contingencia, Demanda, Generación.

Abstract: Successes and failures encountered in the development of projects are outlined, and which are related to the expansion topic of the electrical power systems. The simulations with a scenario that had high hydro contributions allowed perceiving that system response will be mighty dependent on sources and loads location, this is a consequence of important peculiarities in every power system. It was possible to provide useful recommendations for electrical power systems planning.

Keywords: Expansion project, Electrical analysis, Contingency, Load, Generation.

s2014-05-15, r2014-07-21

INTRODUCCIÓN

El desarrollo de una metodología pretende mostrar un camino compuesto por metas o pequeñas tareas para que a través del conocimiento, se cumplan y den como resultado una experiencia o manera de hacer las cosas. En este sentido, se constituye una propuesta de trabajo de grado orientada a la revisión del material existente, la construcción de una propuesta metodológica tanto para análisis eléctrico como para desarrollar los planes de expansión y aplicarlos luego a un caso de estudio con altos aportes hídricos.

El trabajo se encuentra fundamentado en la experiencia laboral obtenida durante el último año y es de allí que surge la propuesta (Álvarez, Experiencia Laboral, 2013).

En la sección 2 se discuten los principales hallazgos de la revisión bibliográfica con relación al tema de planeación de la expansión, en la sección 3 se describe la metodología propuesta, en la sección 4 se listan las observaciones recopiladas al implementar dicha metodología al caso de estudio con altos aportes hídricos y finalmente se presentan las conclusiones y recomendaciones para trabajos futuros.

GENERALIDADES DE LA PLANEACIÓN

Luego de un mapeo general por los planes de expansión de algunos países de Suramérica, se encontró que los diferentes procesos que se utilizan para planear comprenden etapas similares que pueden

generalizarse e indicarse a través de pasos para definir con éxito un plan de expansión (Álvarez, 2014).

En forma general, estos pasos contienen la siguiente información:

- *Paso 1: Establecer los criterios de planeación*

Se deben conocer las condiciones que regulan el funcionamiento del mercado al momento de realizar el plan (precios de combustibles y cantidades en reserva), la vida actual del sistema más sus limitaciones junto con la vida útil de los proyectos, los mantenimientos y la remuneración de cada uno de ellos para tener los argumentos que justifiquen la elaboración, aprobación e implementación del plan.

- *Paso 2: Establecer parámetros técnicos y económicos*

Se especifican todos los supuestos básicos sobre los que se desarrollará el estudio como el horizontes de tiempo, precios y tarifas de la energía, entre otros parámetros que se asumen, debido al grado de incertidumbre que manejan algunas variables (tasa de desarrollo, periodos de análisis, series hidrológicas, niveles de tolerancia, etc.).

- *Paso 3: Definir escenarios a analizar*

Se determina la base de datos que se va a utilizar con los parámetros y topologías de la red actualizados. En esta etapa se establece el pronóstico de la demanda estimando un consumo específico para el lugar de interés y se atribuye a un periodo determinado.

- *Paso 4: Elaborar estrategias de expansión*

Se identifican las obras requeridas con el fin de eliminar o reducir las restricciones presentes de mayor impacto sobre el sistema. Las obras que se proponen deben cumplir con los criterios de calidad, seguridad y confiabilidad que no alteren su funcionamiento ante la entrada de los nuevos proyectos o que ingresen a la red generando más limitaciones.

- *Paso 5: Obtener planes al mínimo costo*

Se evalúan tanto técnica como económicamente los proyectos. Se determinan los beneficios de cada obra que satisfagan la necesidad del sistema a un mínimo costo que estimulen la inversión a los proyectos. Si un proyecto es rentable permitirá que los costos operativos y las pérdidas del sistema se minimicen.

- *Paso 6: Realizar simulaciones detalladas para validar y ajustar los planes*

Se identifican las restricciones vigentes y los costos históricos de dichas restricciones para que a través de estudios eléctricos se analicen su evolución sin que perjudique la atención de la demanda. Si se encuentra una limitación adicional, en esta etapa se pueden ajustar los proyectos con el fin de no dejar elementos al azar.

METODOLOGÍA PROPUESTA

Se describen de manera global los pasos que hacen parte de la propuesta metodológica para realizar tanto planeamiento de la expansión como análisis eléctrico. Para ello, se expone en la Figura 1 el *core* de la propuesta.

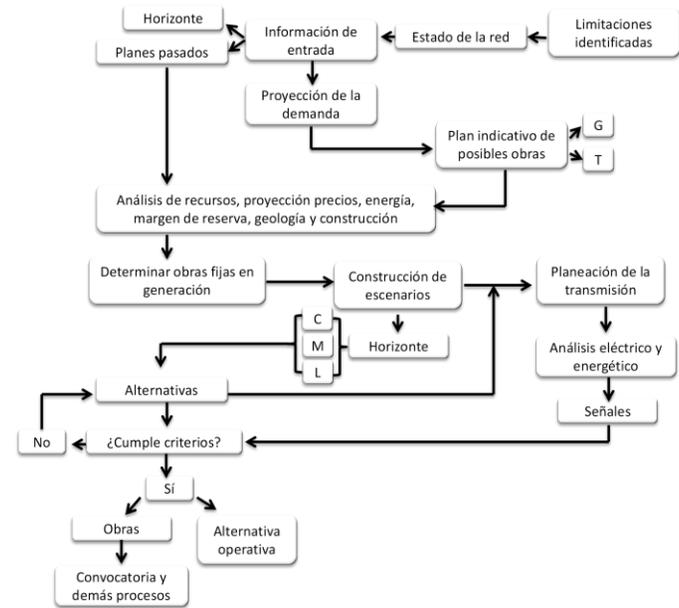


Figura 1. Propuesta metodológica desarrollada

Información de entrada e insumos

Es la información que necesita el analizador para iniciar el proceso de planeación, la cual, comúnmente es enviada por los interesados en la ejecución del proyecto (OR, inversionista o empresa transmisora) y está integrada por: la base de datos, la situación actual del sistema de estudio, planes de expansión y análisis anteriores, proyectos vigentes e impacto con los posibles candidatos, pronóstico de demanda y generación, normatividad vigente, parámetros eléctricos actualizados, modelo e incertidumbres propias del sistema, entre otras variables.

En ocasiones esta información se recibe incompleta, por lo que es decisión del analista si supone datos o parámetros típicos para desarrollar el estudio.

Estado de la red

En esta sección se busca identificar las ventajas y desventajas que posee la red en los años de estudio; esto se logra a través de flujo de carga y análisis de contingencias (N-1) con el fin de diagnosticar el estado del sistema y clasificarlo de acuerdo a la condición de operación adecuada, condición en riesgo o condición de operación crítica.

Pronóstico de la demanda

El pronóstico de demanda debe ser provisto por el operador de red de acuerdo a la zona donde se desarrolle el proyecto o se debe estimar de acuerdo a las políticas que sigue el ente planeador del

sistema. Esta información puede ser recibida de manera agregada o desagregada y según su origen se le dará el tratamiento correspondiente.

Plan indicativo de obras

El plan indicativo de obras busca mostrar de acuerdo a las necesidades identificadas, cómo sería la inclusión de los proyectos en la red a través de los años. Generalmente lo desarrolla el ente planeador y debe mantenerlo actualizado según los procedimientos, reuniones o acuerdos que se vayan ejecutando. Los proyectos deben estar clasificados por generación, transmisión (en sus diferentes niveles de tensión) y otros (SVC, conexiones HVDC, entre otros).

Análisis de recursos energéticos

Esta información es necesaria para determinar fechas, modificar el enfoque, procesos de contratación e incluso cambios en la tecnología de la infraestructura que se usará para cada proyecto. Estas variables aplicadas a las alternativas corroboran el impacto (positivo o negativo) que tienen sobre el sistema

Determinar obras fijas

Se trata de clasificar las obras más delicadas o urgentes para fijarlas en el plan más próximo, son obras soportadas en estudios rigurosos y datos que aseguran la condición de alarma.

Definir escenarios

Se propone que el horizonte de mediano plazo comprenda entre 1 y 2 años para diagnosticar aquí las principales restricciones y que el horizonte lejano, no sea mayor a 10 años para que las soluciones técnicas que se propongan resulten técnica y económicamente robustas durante el periodo analizado.

Análisis eléctrico y energético

Para cada una de las condiciones operativas dispuestas, se siguen los siguientes pasos (Borda & Álvarez, 2013):

- Verificar condiciones operativas y topologías vigentes, incluyendo las causas que justifiquen por qué se opera así, la topología actual de la red e indisponibilidades que se requieran construir el escenario más similar a la realidad.
- Identificar los centros de carga y los flujos típicos del sistema incluyendo la distribución por áreas, para efectuar los múltiples escenarios de despacho.
- Sin hacer contingencias identificar limitaciones de la red (sobrecarga, tensiones fuera del rango de operación). Una vez identificadas dichas condiciones, se registran en la tabla de escenarios críticos con su respectiva recomendación operativa.
- Luego de reconocer los puntos más delicados, se hace la evaluación de contingencias con diferentes escenarios de

generación, se identifican los casos más críticos y se consignan para indicar la máxima transferencia de potencia por los elementos o si se requieren unidades para el soporte de tensión.

Alternativas

Una alternativa puede ser cualquier intervención física u operativa que mejore las condiciones desfavorables que enfrenta un sistema. No necesariamente se requieren que las intervenciones sean obras nuevas, puede ser una ampliación, cambio topológico como consecuencia de una intervención operativa o variación de la capacidad de un elemento ya existente.

Convocatoria y demás procesos

Este paso se realiza según el tipo de obra, según el tipo de inversionista o propietario del proyecto, según la urgencia, recursos, según el tipo de mercado y normativa de cada país. Usualmente estos procesos duran años y tiene implementado una política de seguimiento rigurosa en cada una de las etapas para culminar con éxito cada proyecto.

ANÁLISIS CASO DE ESTUDIO

En el caso base ante una condición de altos aportes hídricos, se analizaron los efectos de los fenómenos que influyen cuando se quiere realizar un despacho de tipo hidráulico, aplicados a un sistema propuesto en la revista *IEEE Transaction on Power*

Systems (IEEE, 1999), el cual contiene 15 centros de transformación, 164 líneas de transmisión, 27 centros de generación y 51 centros de carga distribuidos en tres grupos. De él se obtuvieron las siguientes observaciones:

- El funcionamiento de las máquinas y su naturaleza depende mucho del despacho, de la manera cómo oferten las plantas y del comportamiento del mercado eléctrico. Sin embargo conocer la disponibilidad siempre será un factor de apoyo.
- Desde el origen del diseño del plan de expansión se debe considerar el tipo de fuente tecnológica para garantizar que ante eventos como estos, no se lleve el sistema a una condición perjudicial o de riesgo.
- En el análisis del caso normal se efectuó un despacho sin considerar la tecnología de la fuente generadora, simplemente que cumpliera con la distribución de flujos y lograra alimentar adecuadamente la demanda. Condición que varió para el caso especial, pues en éste solo se tuvo en cuenta el uso de energía térmica para condiciones de riesgo. Obviamente un fenómeno como estos condiciona enormemente la operación y se vuelve dependiente de la caracterización que tome la demanda.
- En el escenario de estudio se observó que la fuente hídrica se encuentra ubicada más hacia el lado norte que hacia el lado sur, siendo mayor la necesidad de consumo al lado sur, pues en este lado se encuentran localizadas las cargas

más dominantes. Esta condición hizo que se requiera para algunos casos, generación de fuente térmica para el control de tensiones y restricciones.

- Es complicado generalizar soluciones para operar y expandir un sistema de potencia que presenta altos aportes hídricos, ya que cada uno tiene características físicas y elementos activos diferentes. La manera como están distribuidos, su ubicación geográfica, la cantidad del porcentaje en los aportes y las propiedades o características de la carga, hacen que haya incertidumbre y las metodologías diverjan. Sin embargo, se puede controlar la operación desarrollando una adecuada planeación, tratando de componer un sistema de elementos de distintos tipos que integren soluciones adecuadas cuando de enfrentar fenómenos se trata, sin limitarla ni condicionarla a operar de cierta manera.

CONCLUSIONES

En la tarea de elaborar la propuesta metodológica, se identificó que existen prácticas comunes de trabajo en relación al planeamiento de sistemas eléctricos, éstas varían de acuerdo con la persona o equipo de trabajo que planea. Es entonces complejo generalizar un modelo o una solución pues es completamente dependiente del comportamiento y las variables físicas que enfrenta el sistema. Así mismo, se evidenció que existen muy pocos soportes documentados (escritos) sobre maneras de planear, por lo que

resultaría interesante que esta práctica tan común en sistemas de potencia se valore más y se divulgue entre el gremio, o por lo menos se le dé mayor importancia en la academia.

Se extrajeron algunos pasos comunes que permitieron elaborar una propuesta que abarca las principales necesidades al efectuar un plan y posibilitar dar seguimiento a las alternativas planteadas con el fin de encontrar la solución adecuada que brinde confiabilidad al sistema. En este sentido, no existen muchos referentes que permitan comparar formas de trabajo, así que prácticamente cada empresa o analista define sus prácticas de acuerdo con la experiencia y el conocimiento propio.

El campo técnico resulta más sencillo a la hora de estudiar y acordar una metodología pero se vuelve dependiente de factores económicos, geográficos, normativo y financiero propios de la zona intervenida que se torna complejo. Las simulaciones con un escenario de altos aportes hídricos permitieron apreciar que la respuesta del sistema será muy dependiente de la ubicación de las fuentes y de las cargas, las cuales poseen características particulares para cada sistema. Se logró efectuar una serie de recomendaciones que pueden resultar útiles para la planeación de sistemas eléctricos de potencia.

RECOMENDACIONES

Por la falta de conocimiento en muchos de los temas que abarca ser analista de planeación, la metodología propuesta requiere ser perfeccionada, esto implica utilizar métodos estadísticos para la

demanda, realizar un algoritmo que permita detectar situaciones críticas a tiempo o en tiempo real, análisis de contingencia con inteligencia artificial todo aquello permita encontrar la solución indicada a los problemas que los sistemas de potencia enfrentan a diario.

REFERENCIAS

- Álvarez, I. (2013). *Experiencia Laboral*. Medellín: XM - Expertos en Mercados.
- Álvarez, I. (2014). *Análisis de expansión para un sistema de potencia con altos aportes hídricos*. Medellín.
- Borda, C., & Álvarez, I. (2013). *Metodología análisis eléctrico de mediano plazo*. Medellín: XM - Expertos en Mercados.
- IEEE. (1999). A report prepared by the Reliability Test System Task Force of the Application of Probability Methods Subcommittee. *The IEEE Reliability Test System - 1996*, 1010-1020.

AUTORES



Isabel Cristina *ÁLVAREZ HIGUITA*, nacida en Medellín (Antioquia). Ing. electrónico de la UPB 2012 y actualmente opta por el título de Ing. Eléctrico. Es Ing. de Diseño del área de estudios de la empresa Ingeniería Especializada S.A – IEB. Se desempeña adecuadamente en áreas relacionadas con las protecciones eléctricas, análisis de potencia y diseño de tarjetas electrónicas PCB. Es responsable con los retos que se propone, mantiene

el orden en sus obligaciones y se compromete con los proyectos que lidera. Es hábil para escribir, investigar y analizar asuntos técnicos y humanos.

Jorge Wilson *GONZÁLEZ SÁNCHEZ*, Ingeniero Electricista, MSc - PhD. Actualmente profesor titular e investigador de la Universidad Pontificia Bolivariana, Colombia. Laboró en HVM Ingenieros y en Siemens, Erlangen en PTD (FACTS y HVDC). Investigador invitado en la Univ. Kempten, Alemania y en el Power Systems Institute en Erlangen Univ. Alemania.