



REPÚBLICA DEL ECUADOR

Escuela Politécnica Nacional

" E SCIENTIA HOMINIS SALUS "

La versión digital de esta tesis está protegida por la Ley de Derechos de Autor del Ecuador.

Los derechos de autor han sido entregados a la "ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL" bajo el libre consentimiento del (los) autor(es).

Al consultar esta tesis deberá acatar con las disposiciones de la Ley y las siguientes condiciones de uso:

- Cualquier uso que haga de estos documentos o imágenes deben ser sólo para efectos de investigación o estudio académico, y usted no puede ponerlos a disposición de otra persona.
- Usted deberá reconocer el derecho del autor a ser identificado y citado como el autor de esta tesis.
- No se podrá obtener ningún beneficio comercial y las obras derivadas tienen que estar bajo los mismos términos de licencia que el trabajo original.

El Libre Acceso a la información, promueve el reconocimiento de la originalidad de las ideas de los demás, respetando las normas de presentación y de citación de autores con el fin de no incurrir en actos ilegítimos de copiar y hacer pasar como propias las creaciones de terceras personas.

Respeto hacia sí mismo y hacia los demás.

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

**FLUJOS DE POTENCIA CONSIDERANDO LA VARIACIÓN
ESTOCÁSTICA DE LA DEMANDA EN LA PLANIFICACIÓN DE CORTO
PLAZO**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO ELECTRICO**

PABLO ALCIDES RIBADENEIRA JARRÍN

pablo.ribadeneira@epn.edu.ec

DIRECTOR: MSc. Ing. JUAN CARLOS PLAZARTE ACHIG

juan.plazarte@celec.gob.ec

CODIRECTOR: Dr. -Ing. HUGO NEPTALI ARCOS MARTINEZ

hugo.arcos@epn.edu.ec

Quito, Septiembre 2018

AVAL

Certificamos que el presente trabajo fue desarrollado por Pablo Alcides Ribadeneira Jarrin, bajo nuestra supervisión.

MSc. Ing. JUAN CARLOS PLAZARTE ACHIG
DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Dr. Ing. HUGO NEPTALI ARCOS MARTINEZ
CODIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo Pablo Alcides Ribadeneira Jarrín declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

PABLO ALCIDES RIBADENEIRA JARRIN

DEDICATORIA

Este trabajo de titulación es dedicado en primer lugar a mi Dios, él fue mi sustento en todo momento de la carrera, cuando no tenía fuerzas y ánimos de continuar, el me dio su apoyo incondicional para levantarme y seguir en la lucha.

Dedico a mi madre Carola este trabajo, el ángel que envió Dios para cuidarme en la tierra, ella siempre tuvo una palabra de aliento para continuar y no desfallecer antes las adversidades.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mi Dios que siempre me dio vida y salud para terminar el ciclo universitario, sin el nada hubiera sido posible.

Agradezco a mi madre Carola, a pesar de la distancia que nos separó por cuestiones laborales, cada día tuvo una palabra de cariño, una palabra de amor y consuelo para no detenerme y terminar lo que empecé.

Agradezco a la familia Espinoza Jarrín, durante diez años me abrieron las puertas de su hogar y me abrigaron con su cariño, especialmente a mi tío Orlando, que siempre sentí su apoyo en seguir esta carrera, este logro conseguido también es para él.

Agradezco a la familia Fierro Jarrín, a mi tía Norma, siempre tuvo una palabra de ánimo y un consejo como si fuera su hijo, a mi prima Adriana que a pesar de la distancia, siempre me apoyo con sus palabras para seguir y terminar la universidad.

Agradezco a la familia Kollinger Jarrín, a mi tío Pancho, en cada uno de sus viajes a Ecuador me dio una palabra de aliento, de igual forma a mi tía Martha quiero agradecerle todo lo que ha hecho durante toda mi vida, jamás me faltó una prenda de vestir y siempre apoyo incondicionalmente en los momentos más difíciles a mi madre, gracias por todo, son ángeles que Dios envió a mi vida.

Quiero agradecer a mi prima Cristina Kollinger, su marido Máximo Collesei y su madre, durante mucho tiempo ellos nos apoyaron económicamente a mí y a mi madre sin tener ninguna responsabilidad, de manera desinteresada, gracias a eso yo pude terminar mis estudios. Dios les pague todo lo que han hecho por mi familia.

Agradezco a mi director y codirector por la guía y apoyo que recibí durante la elaboración de este proyecto de titulación.

Agradezco a mis amigos que con sus risas, salidas, chistes y compañía, sentí un refugio a su lado y olvidar un poco el estrés que puede ocasionar la universidad.

ÍNDICE DE CONTENIDO

AVAL	I
DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	II
DEDICATORIA.....	III
AGRADECIMIENTO.....	IV
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	V
RESUMEN	VIII
ABSTRACT	IX
1. INTRODUCCIÓN.....	10
1.1 Objetivos	11
1.2 Alcance	11
1.3 Marco Teórico	12
1.3.1 Esperanza matemática	12
1.3.2 Varianza.....	14
1.3.3 Covarianza.....	15
1.3.4 Desviación estándar	16
1.3.5 Intervalos de confianza.....	16
1.3.6 Curvas de distribución.	17
1.3.7 Teorema del límite central	22
1.3.8 Flujos de potencia tradicionales.....	22
1.3.9 Simulación de Montecarlo.....	26
2. METODOLOGÍA	29
2.1 Formulación Matemática	29
2.1.1 Modelo lineal.....	29
2.1.2 Análisis estadístico de las variables de estado.....	33
2.1.3 Análisis estadístico de los parámetros de entrada Y	35
2.1.4 Análisis estadístico de los parámetros de salida z.....	36
2.2 Modelo no lineal	37
2.3 Formación del jacobiano K.....	40
2.3.1 Formación de las submatrices K1 y K2	40
2.3.2 Formación de las submatrices k3, k4, k5 k6	41

2.4	Intervalos de confianza	44
2.5	Características de un flujo de potencia estocástico.....	45
2.5.1	Voltajes de generación	46
2.5.2	Nodos de voltajes variables.....	46
2.6	Algoritmo de un flujo de potencia estocástico	47
2.7	Flujo de potencia estocástico, desacoplado rápido.....	49
2.8	Ejemplo de la metodología aplicada.....	51
3.	RESULTADOS DEL FLUJO DE POTENCIA ESTOCÁSTICO.	58
3.1	Funcionamiento de la herramienta de software.....	60
3.1.1	Desviación estándar	60
3.1.2	Varianzas.....	62
3.1.3	Variables de estado y variables de salida.....	62
3.1.4	Desviaciones estándar de las variables x y las variables de salida z	63
3.1.5	Límites de confianza.....	65
3.2	Flujos de potencia estocástica considerando aumento de las desviaciones estándar de la carga.	67
3.3	Voltajes variables en nodos de generación.....	70
4.	FLUJOS DE POTENCIA ESTOCÁSTICO EN LA PLANIFICACIÓN DE CORTO PLAZO.....	74
4.1	Planificación de corto plazo.....	74
4.1.1	Simulación de un flujo de potencia estocástico a las 03:00	76
4.2	Simulación de flujos de potencia estocásticos en Periodos horarios seleccionados para la planificación de corto plazo.	82
4.2.1	Flujo de potencia estocástico 02:00.....	84
4.2.2	Flujo de potencia estocástico 8:00.....	86
4.2.3	Flujo de potencia estocástico 13:00.....	88
4.2.4	Flujo de potencia estocástico 20:00.....	91
4.2.5	Flujo de potencia estocástico a las 23:00	93
4.3	Análisis de resultados	96
4.3.1	Voltajes	96
4.3.2	Elementos de transmisión.....	96
4.3.3	Barra oscilante.....	97
4.3.4	Potencia reactiva de los generadores.....	97
4.3.5	Margen de error	97
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	98

5.1	Conclusiones.....	98
5.2	Recomendaciones.....	99
6.	Bibliografía.....	100
7.	ANEXOS.....	102
	ANEXO I Manejo de la herramienta de software para el usuario.	102
	ANEXO II Flujos de potencia estocástico considerando la curva de demanda de sábado y domingo.	106
	ANEXO III Resultados de flujos de potencia estocástico en la planificación de corto plazo.....	125
	ORDEN DE EMPASTADO	170

RESUMEN

Los flujos de potencia juegan un papel muy importante en la planificación de corto plazo, tienen una gran relevancia en el diseño y operación de sistemas eléctricos de potencia, estos análisis eléctricos permiten obtener los valores de los voltajes y los flujos de potencia en elementos de transmisión para determinar las funciones operativas de un sistema eléctrico.

En la planificación de corto plazo, los análisis eléctricos deben desarrollarse en los 24 periodos del día. Debido a que es un trabajo extenuante para el profesional, de manera simplificada se realizan validaciones eléctricas en tres periodos del día. Sin embargo un flujo de potencia elaborado por medio de metodologías tradicionales, determina una condición puntual del sistema eléctrico y no toma en cuenta que la demanda eléctrica varía en cada instante de tiempo. Si bien estos inconvenientes se superan en parte, por la experiencia que han ido adquiriendo los ingenieros de planificación y operación, no es menos cierto que estos procedimientos pueden llevar a resultados no congruentes.

El flujo de potencia estocástico determina el valor medio de las variables eléctricas juntamente con su medida de dispersión y considera las variaciones que tiene la demanda eléctrica. De esta manera esta formulación de flujos de potencia ayuda en los análisis eléctricos de la planificación de corto plazo. Este proyecto de titulación tuvo como finalidad, programar un flujo de potencia estocástico y simularlo en periodos seleccionados para cubrir todas las validaciones eléctricas de un día

PALABRAS CLAVE: Flujos de potencia estocásticos, planificación de corto plazo, elementos de transmisión, límites de confianza.

ABSTRACT

The power flows play a very important role in the planning of short term, they have a great relevance in the design and operation of the power electrical systems. These electrical analyses allow getting voltage values and powering flows in elements of transmission in order to determine the operational functions of an electrical system.

During the short term planning, the electrical analysis must be performed the 24 hours of the day. In order to reduce this strenuous job for the professional, electrical validations are realized just in three periods during the day. Nevertheless, a traditional power flow determines a condition of the electrical system without considering the electrical demand variation. Although these drawbacks could be overcome through the experience that planning and operation engineers have been getting, these procedures could not lead to congruent results.

The stochastic power flow considers the electrical demand variations, determines the expected value of the electrical variables and the dispersion measures. Therefore, this power flow formulation helps the electrical analysis of at short term planning.

The purpose of this project was to program a stochastic power flow and simulate it in selected periods to cover electrical validations during one day.

KEYWORDS: Stochastic power flow, short term planning, transmission elements, limits of confidence.

1. INTRODUCCIÓN

El análisis de flujos de potencia es de vital importancia en la operación y planificación de los sistemas eléctricos. Los análisis y resultados juegan un papel principal durante las etapas de operación en cualquier sistema para su control y despacho económico, así como su expansión y etapa de diseño. El sistema de potencia está modelado por un circuito eléctrico que consiste en generadores, líneas de transmisión y cargas. La finalidad de cualquier análisis eléctrico es obtener los valores que adquieren las variables de estado y los flujos que circulan por las líneas de transmisión para determinar funciones operativas de un sistema eléctrico de potencia.

Los métodos numéricos son técnicas iterativas que pueden resolver y formular el problema mediante operaciones aritméticas y generar una solución aproximada, además proporcionan un enfoque para encontrar una solución por medio de la programación, por lo tanto se hace necesario determinar cuál de los métodos numéricos es más rápido y eficiente para obtener el mejor resultado de un flujo de potencia. Los métodos iterativos más comúnmente utilizados son Gauss-Seidel, Newton-Raphson y el método desacoplado rápido [1] [2].

En la planificación de corto plazo se utilizan estos métodos determinísticos para resolver flujos de potencia, donde la solución se ajusta exactamente a las condiciones preestablecidas de generación y carga [3] [4]. Las validaciones eléctricas deben desarrollarse para los 24 periodos horarios, sin embargo esto implica un significativo esfuerzo de profesionales, grandes recursos de tiempo y software para poder desarrollarlos. Se establecen agrupaciones de periodos que representan de manera general a la demanda media, mínima, y máxima: de manera simplificada, se realizan validaciones eléctricas en tres periodos del día, 03:00, 12:00 y 19:00, respectivamente. Sin embargo agrupar de forma determinística varios periodos horarios en un solo periodo representativo, no es la forma más adecuada de efectuar validaciones eléctricas de la operación diaria. Si bien estos inconvenientes se superan en parte, por la experiencia que han ido adquiriendo los ingenieros de planificación y operación, no es menos cierto que estos procedimientos conlleven a resultados no muy consistentes.

La demanda eléctrica de un sistema de potencia varía en cada instante de tiempo, y en especial en las horas pico, donde los cambios de la demanda entre cada periodo difieren en gran magnitud. Un flujo de potencia determinístico analiza una condición puntual del sistema eléctrico, no permitiendo que estas incertidumbres sean modeladas y ver el

efecto que tienen sobre las variables de estados, elementos de transmisión y generadores [5].

Una alternativa analítica que permite modelar estas características aleatorias de la demanda eléctrica y reducir las 24 validaciones eléctricas es el flujo de potencia estocástico. Esta herramienta de software determinara las variables eléctricas, juntamente con su medida de dispersión [4] y estos resultados serán de utilidad para la toma de decisiones en la planificación y operación de sistemas eléctricos.

De lo que se mencionó anteriormente se puede decir que una formulación apropiada de un flujo de potencia es la que considera todas las particularidades de las variables de entrada e indica la fiabilidad de resultados para que sean desarrollados de forma eficaz en un software de simulación.

1.1 Objetivos

El objetivo general de este estudio técnico es:

Programar un algoritmo para la resolución de flujos de potencia considerando la variación estocástica de la demanda eléctrica y obtener las variables eléctricas juntamente con su medida de dispersión.

Los objetivos específicos de este estudio técnico son:

- Evaluar distintas metodologías para la resolución de flujos de potencia estocástica y definir una alternativa para la programación.
- Estructurar una herramienta de software en Matlab mediante la metodología escogida de flujos de potencia estocásticos.
- Probar el adecuado funcionamiento del algoritmo estocástico en redes eléctricas de prueba.
- Analizar la variación estocástica de la demanda eléctrica utilizando flujos de potencia estocásticos y compararlos con las metodologías tradicionales utilizadas en la planificación de corto plazo.

1.2 Alcance

El presente estudio técnico comprenderá el desarrollo de un flujo de potencia estocástico, tomando en cuenta la incertidumbre de la demanda, dando como resultado que las variables del problema se conviertan en variables aleatorias, donde no solo se obtiene el valor esperado sino una medida de dispersión alrededor de dicho valor esperado.

Se programara un flujo de potencia estocástico en un archivo M-file realizado en Matlab, posterior a eso se lo enlaza al programa de flujos de potencia MATPOWER. Este software es un paquete de MATLAB® M-files para resolver flujos de potencia y problemas de optimización de flujos de potencia, es una herramienta de simulación para investigadores y educadores con la facilidad de que se puede usar y modificar.

Se implementa el flujo de potencia estocástico en una red de prueba de 14 barras, y se valida los resultados con proyectos anteriores que desarrollaron un flujo de potencia estocástico. De esa manera se corrobora que los resultados de este flujo de potencia estocástico son confiables y aplicables a cualquier sistema eléctrico de potencia.

Se utilizara un despacho de generación y demanda de un día del operador nacional de electricidad de Ecuador, la misma que se procesara como dato de entrada en una red de prueba de 118 barras, luego se simulara flujos de potencia estocásticos en periodos seleccionados y mediante estos resultados se cubren las 24 validaciones eléctricas de un día. Para contrastar estos resultados y validarlos, se simulan flujos de potencia tradicionales en los 24 periodos horarios, los resultados de estos métodos convencionales de flujos de potencia, son comparados con los límites de confianza que se determina en un flujo de potencia estocástico,

1.3 Marco Teórico

Los conceptos estadísticos son de bastante utilidad por que ayudan a la recolección, y resumen de la información, mediante la estadística se puede deducir, analizar y hacer previsiones para el futuro. Cuando se tiene un conjunto de datos, presentan ciertas características que permiten en un primer acercamiento deducir su comportamiento. Los valores obtenidos en una muestra de datos no son todos iguales, a estas variaciones se las conoce como dispersión, este concepto se abordará durante los siguientes capítulos.

Los estudios de flujos de potencia son de vital importancia en el planeamiento y expansión de futuros sistemas eléctricos, así como la obtención de las condiciones de operación del sistema existente y en esta sección se desarrollaron conceptos estadísticos y métodos de solución de flujos de potencia tradicionales.

1.3.1 Esperanza matemática

La esperanza matemática o esperanza de una variable aleatoria X , es simbolizada por $E(X)$, es el número que expresa el valor medio del fenómeno que representa dicha variable. A la esperanza también se la conoce como el valor esperado y es igual al

sumatorio de probabilidades de un suceso aleatorio, dicho de otra manera es el valor medio de un conjunto de datos [6]. La notación matemática es u .

1.3.1.1 Esperanza de una variable aleatoria discreta

Si X es una variable aleatoria discreta y toma distintos valores con probabilidad p_k , la esperanza es un número real que se obtiene con la ecuación 1.1:

$$E(X) = \sum_{k=1}^n p_k x_k$$

Ecuación 1.1. Esperanza de una variable aleatoria discreta.

Donde:

p_k : Probabilidad de que una variable aleatoria X sea igual a ese valor.

x_k : Valor aleatorio X .

n : Número de valores que puede tener la esperanza de una variable aleatoria X .

1.3.1.2 Esperanza de una variable aleatoria continúa

Si X es una variable aleatoria continua con una función de densidad $f(x)$, la esperanza es un número real que se obtiene con la ecuación 1.2:

$$E(X) = \int_{-\infty}^{+\infty} x f(x) dx$$

Ecuación 1.2. Esperanza de una variable aleatoria continúa.

Donde:

x : Variable aleatoria

$f(x)$: Función de densidad de la variable aleatoria (X)

Si $f(x)$ toma valores diferentes de cero dentro de un intervalo $[a, b]$, la esperanza se calcula de la siguiente manera:

$$E(X) = \int_a^b x f(x) dx$$

Ecuación 1.3. Esperanza de una variable aleatoria continúa en un intervalo definido.

1.3.1.3 Propiedades de la esperanza

La esperanza de una constante es igual a la constante:

$$E(c) = c$$

Ecuación 1.4. Esperanza de una constante.

Aditividad: La esperanza de la suma de dos variables aleatorias es igual a la suma de cada uno de los sumandos.

$$E(X + Y) = E(X) + E(Y)$$

Ecuación 1.5. Esperanza de la suma de dos variables aleatorias.

Una constante puede ser excluida del símbolo de la esperanza matemática

$$E(cX) = cE(X)$$

Ecuación 1.6. Esperanza de una variable aleatoria excluyendo a una constante.

Si g es una función real, la esperanza de la variable aleatoria $Y = g(X)$ está definida por:

$$E(Y) = E(g(X)) = \int_{-\infty}^{+\infty} g(x)f(x)dx$$

Ecuación 1.7. Esperanza de una función de una variable aleatoria

Si X y Y son dos variables aleatorias independientes:

$$E(XY) = E(X)E(Y)$$

Ecuación 1.8. Esperanza del producto de dos variables aleatorias

Si la función de densidad es simétrica se cumple que:

$$E(X) = \bar{x}$$

Ecuación 1.9. Esperanza de una variable aleatoria cuando su función de densidad es simétrica.

Dos variables aleatorias pueden tener la misma esperanza con distintas funciones de densidad, por eso es necesario introducir otra característica teórica que informe sobre la dispersión de sus posibles valores [6].

1.3.2 Varianza

En la teoría de probabilidad y estadística, la varianza de una variable aleatoria X es una medida basada en las desviaciones de los resultados individuales con respecto a la media. La varianza, mide qué tan lejos está un conjunto de números (aleatorios) de su valor promedio [6]. La varianza tiene un papel central en las estadísticas, donde algunas

ideas que lo usan incluyen estadísticas descriptivas, inferencia estadística, pruebas de hipótesis, bondad de ajuste y muestreo de Monte Carlo. La varianza es una herramienta importante en las ciencias, donde el análisis estadístico de datos es común. La varianza es definida también como el cuadrado de la desviación estándar.

$$Var(X) = E(X - E(X))^2$$

Ecuación 1.10. Definición de la varianza

Expresada de otra forma como lo muestra la ecuación 1.11:

$$Var(X) = E(X^2) - (E(X))^2$$

Ecuación 1.11. Definición de la varianza

Una mayor varianza indica que los valores están más alejados de la media, por el contrario una menor varianza indica que los valores tienden a estar más concentrados alrededor de la misma.

1.3.2.1 Propiedades

La varianza de una constante es cero

$$Var(c) = 0$$

Ecuación 1.12. Varianza de una constante

Una constante se la puede sacar de la varianza elevándola al cuadrado.

$$Var(cX) = c^2Var(x)$$

Ecuación 1.13. Exclusión de una constante en la varianza.

La varianza de la suma de dos variables aleatorias independientes es igual a la suma de las varianzas de los sumandos.

$$Var(X + Y) = Var(X) + Var(Y)$$

Ecuación 1.14. Varianza de dos variables aleatorias.

1.3.3 Covarianza

Es la media aritmética de los productos de las desviaciones de cada una de las variables respecto a sus medias respectivas, la covarianza indica la correlación entre dos variables aleatorias X y Y , esta dada por la ecuación 1.15:

$$Cov(X, Y) = \sigma_{XY} = E\{(X - E(X))(Y - E(Y))\}$$

Ecuación 1.15. Covarianza de dos variables aleatorias.

1.3.4 Desviación estándar

En las estadísticas, la desviación estándar también representada por la letra griega sigma σ es una medida que se usa para cuantificar la cantidad de variación o dispersión de un conjunto de valores de datos [6] [7]. Una desviación estándar baja indica que los datos tienden a estar cerca de la media (también llamada el valor esperado), mientras que una desviación estándar alta indica que los resultados se distribuyen en un rango más amplio de valores.

La desviación estándar de una variable aleatoria, población estadística, conjunto de datos o distribución de probabilidad es la raíz cuadrada de su varianza. Una propiedad útil de la desviación estándar es que a diferencia de la varianza, se expresa en las mismas unidades que los datos.

$$\sigma(X) = \sqrt{Var(X)}$$

Ecuación 1.16. Definición de desviación estándar.

1.3.5 Intervalos de confianza

En estadística, un intervalo de confianza son estimaciones que se calcula a partir de los datos observados. El nivel de confianza es la frecuencia (es decir, la proporción) de posibles intervalos de confianza que contienen el valor verdadero de su parámetro correspondiente [7] [6]. En otras palabras, si los intervalos de confianza se construyen usando un nivel de confianza dado en un número infinito de experimentos independientes, la proporción de esos intervalos que contienen el valor verdadero del parámetro coincidirá con el nivel de confianza.

Los intervalos de confianza consisten en un rango de valores que actúan como buenas estimaciones del parámetro de datos u observaciones. Sin embargo, el intervalo calculado a partir de una muestra particular, no incluye necesariamente el valor verdadero del parámetro. Como los datos observados son muestras aleatorias, el intervalo de confianza obtenido de los mismos datos observados también es aleatorio.

El nivel de confianza deseado es establecido por el investigador (no determinado por los datos). Más comúnmente, se usa el nivel de confianza del 95% [3] [8] [7]. Sin embargo, se pueden usar otros niveles de confianza, por ejemplo, 90% y 99%.

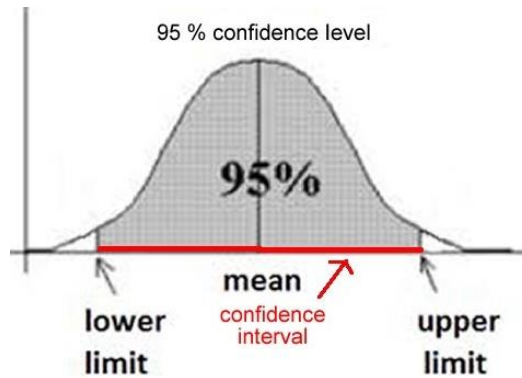


Figura 1.1 Intervalos de confianza [Obtenido de la referencia [7]]

1.3.6 Curvas de distribución.

1.3.6.1 Distribución de Bernoulli

La distribución de Bernoulli es una distribución discreta que tiene dos posibles resultados, es habitual referirse a uno de los resultados como “éxito” con probabilidad p , mientras que al otro resultado se lo suele llamar “fracaso” con probabilidad q [9] [6], generalmente la definición de variable aleatoria en una distribución de Bernoulli viene dada por la siguiente expresión:

$$X = \begin{cases} 1 & \text{si es éxito} \\ 0 & \text{si es fracaso} \end{cases}$$

Ecuación 1.17. Variable aleatoria que sigue la ley de Bernoulli

La función de densidad es dada por la ecuación 1.18 :

$$P(n) = \begin{cases} 1 - p & \text{si } n = 0 \\ p & \text{si } n = 1 \end{cases}$$

Ecuación 1.18. Variable aleatoria que sigue la ley de Bernoulli

El valor esperado y la varianza son dadas por la ecuación 1.19 y 1.20:

$$E(X) = p,$$

Ecuación 1.19. Valor esperado de una variable aleatoria que sigue la ley de Bernoulli

$$Var(x) = pq$$

Ecuación 1.20. Varianza de una variable aleatoria que sigue la ley de Bernoulli

1.3.6.2 Distribución binomial

Se llama distribución binomial a una variable aleatoria discreta X que describe el número k éxitos en una sucesión de pruebas de Bernoulli independientes, en cada una de las cuales la probabilidad de éxito es igual a p [6].

El número de acontecimientos en n pruebas siguen una distribución binomial si se cumplen ciertos parámetros.

- El número de pruebas es fijo
- Cada prueba es independiente de otra prueba.
- Cada prueba tiene uno de dos resultados
- La probabilidad de que ocurra un acontecimiento es la misma para todas las pruebas

La probabilidad de la misma se calcula mediante:

$$\Pr(X = k) = C_n^k p^k q^{n-k}, k = 0, 1, \dots, n$$

Ecuación 1.21. Probabilidad de que una variable aleatoria tome un valor discreto y siga una distribución binomial

Donde:

X : Variable aleatoria discreta

C_n^k : Número de combinaciones

p : Probabilidad de éxito

q : Probabilidad de fracaso

n : Número infinito de valores.

El valor esperado y la varianza son dadas por la ecuación 1.22 y 1.23:

$$E(X) = np,$$

Ecuación 1.22. Valor esperado de una variable aleatoria que sigue una distribución binomial.

$$\text{Var}(x) = npq$$

Ecuación 1.23. Varianza de una variable aleatoria que sigue la que sigue una distribución binomial.

1.3.6.3 Distribución de Poisson

La distribución de Poisson se aplica a sucesos que se presentan en el tiempo o espacio, una variable aleatoria discreta X que puede tomar infinitos valores $0,1,2,\dots$. La sucesión anterior se dice que sigue una ley de Poisson de parámetro λ ($\lambda > 0$), si la probabilidad de que X tome el valor de k es:

$$\Pr(X = k) = \frac{e^{-\lambda} \lambda^k}{k!} \quad k = 0,1,2, \dots, n$$

Ecuación 1.24. Probabilidad de que una variable aleatoria tome un valor discreto y siga una distribución de Poisson.

Su esperanza y su varianza son dadas por la ecuación 1.25 y 1.26:

$$E(X) = \lambda,$$

Ecuación 1.25. Valor esperado de una variable aleatoria que sigue una distribución de Poisson.

$$Var(X) = \lambda$$

Ecuación 1.26. Varianza de una variable aleatoria que sigue una distribución de Poisson

Donde:

λ : es el promedio del apareamiento en n pruebas.

1.3.6.4 Distribución exponencial

Esta ley surge en problemas de genética, duración de aparatos electrónicos o desintegración radioactiva [6], se dice que una variable aleatoria continua X sigue una ley de distribución exponencial del parámetro λ si su función de densidad es:

$$f(x) = \begin{cases} 0 & \text{si } x < 0 \\ \lambda e^{-\lambda x} & \text{si } x \geq 0 \end{cases}$$

Ecuación 1.27. Función de densidad de una variable aleatoria que sigue una distribución exponencial

Donde λ es una constante positiva, la función de distribución correspondiente es:

$$F(x) = \begin{cases} 0 & \text{si } x < 0 \\ 1 - e^{-\lambda x} & \text{si } x \geq 0 \end{cases}$$

Ecuación 1.28. Función de distribución de una variable aleatoria que sigue distribución exponencial.

1.3.6.5 Distribución normal

La distribución normal también conocida como la campana de Gauss, es una de las más importantes porque representa muchas distribuciones estadísticas, muchas de las variables aleatorias continuas siguen la forma de distribución normal.

La distribución normal está dada por las siguientes características

- La forma de la curva de distribución es de una campana, en donde el pico es considerada su media, mediana y moda al mismo tiempo, por tanto la mitad derecha de la campana tiene la misma área que la mitad izquierda [6].
- La distribución de probabilidad es simétrica alrededor de su media.
- La curva normal desciende suavemente tanto a izquierda como a derecha a partir de su valor medio en el pico, es asintótica porque desciende hacia el eje x pero nunca llega a tocarlo porque las colas de la curva se extiende de manera indefinida [7].
- La forma de la campana de Gauss está dada por su media y su desviación estándar, por tanto para distintos valores de la media la gráfica se mueve a lo largo del eje horizontal, la desviación estándar resuelve el grado de apuntamiento de la curva, entre mayor sea la desviación estándar, más disperso están los datos con respecto a la media, por lo que un valor pequeño de desviación estándar indican valores cercanos a su media.

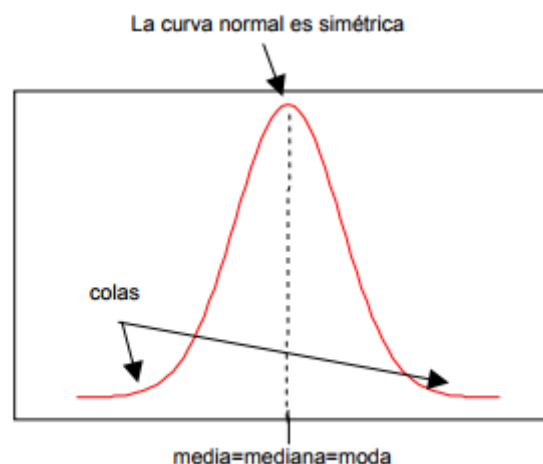


Figura1.2 Distribución normal [obtenida de la referencia [7]]

La probabilidad de que una variable aleatoria tome cierto valor en un intervalo $[a, b]$ coincide con el área encerrada y es dada por la ecuación

$$f(x) = \frac{e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-u}{\sigma}\right)^2}}{\sigma\sqrt{2\pi}}$$

Ecuación 1.29. Función de densidad de una variable aleatoria que sigue una distribución normal.

$$P(a \leq x \leq b) = \int_a^b f(x) dx$$

Ecuación 1.30. Función de distribución de una variable aleatoria que sigue una distribución normal en un intervalo [a b].

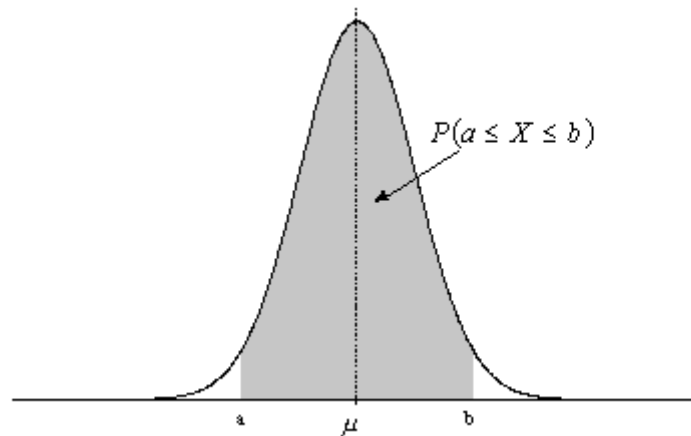


Figura1.3 Distribución normal en un intervalo [a b] [obtenida de la referencia [6]]

El área total encerrada entre a y b dada por $f(x)$ mostrado en la figura 1.3 tiene un valor de uno.

Otra manera de obtener el área bajo la curva, es por medio de la distribución normal estándar, la misma que se da cuando la media es igual a cero y su variancia es igual a uno, sus funciones de densidad y distribución son:

Si se tiene una variable aleatoria X con una función de densidad, como lo describe la ecuación 1.29 con su media y variancia, puede obtenerse los valores de su función de distribución mediante el empleo de la ley normal [6] aplicando la transformación:

$$F(x) = \Phi\left(\frac{x-u}{\sigma}\right)$$

Ecuación 1.31. Función de distribución aplicando la transformación de una desviación normal estándar.

Si se tiene una distribución Normal se puede dar la siguiente regla en el área bajo la curva de la distribución normal [7] [6].

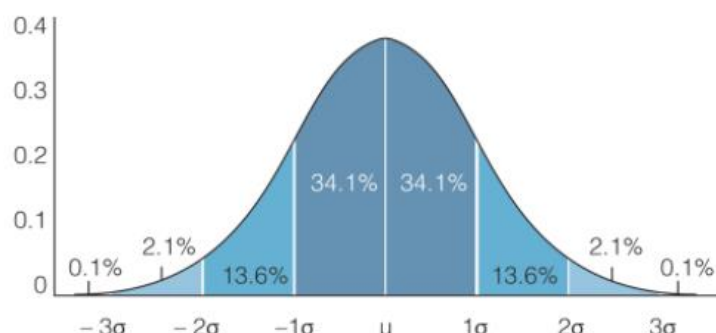


Figura1.4 Área bajo la curva de una distribución normal, obtenido de la referencial [10]

El área limitada por el intervalo $[u + \sigma, u - \sigma]$ contiene un área igual a 0.682

El área limitada por el intervalo $[u + 2\sigma, u - 2\sigma]$ contiene un área igual a 0.954.

El área limitada por el intervalo $[u + 3\sigma, u - 3\sigma]$ contiene un área igual a 0.997.

1.3.7 Teorema del límite central

El teorema del límite central, describe la distribución de la media de una muestra aleatoria proveniente de una población con varianza finita. Si el tamaño de la muestra es demasiado grande, la distribución que sigue es la de una forma gaussiana. Muchos de los procesos estadísticos necesitan que los datos sigan una distribución normal. El teorema de límite central faculta para que esto sea posible, ya que cualquier distribución que genere ciertas variables aleatorias, su suma siempre será una Gaussiana. De tal forma que la distribución normal juega un papel importante en la estadística.

1.3.8 Flujos de potencia tradicionales

El estudio de flujos de potencia es un análisis eléctrico que utiliza métodos numéricos en un sistema interconectado. Estos estudios son uno de los aspectos más importantes de la planificación y operación de un sistema eléctrico. Un estudio de flujo de potencia generalmente utiliza notaciones simplificadas, como un diagrama de una línea y un sistema por unidad, y se centra en diversos aspectos de los parámetros de alimentación, tales como voltajes, ángulos de voltaje, potencia real y potencia reactiva. Para la

resolución de un flujo de potencia, siempre se especifica cada una de la barras, tal como se muestra en la tabla 1.1

Tabla1.1. Clasificación de barras en un sistema eléctrico de potencia

No	Tipo de barra	Variables			
		P	Q	IVI	δ
1	Barra Slack	No conocido	No conocido	Conocido	Conocido
2	Barra de generación(PV)	Conocido	No conocido	Conocido	No conocido
3	Barras de carga	Conocido	Conocido	No conocido	No conocido

1.3.8.1 Matriz Y_{barra}

Las interconexiones entre barras se las representa por medio de una matriz de admitancias llamada Y_{barra} [2] [1]. Se utilizan las admitancias propias y mutuas de esta matriz, las mismas que están conformadas por distintos elementos como líneas de transmisión (cortas, medias, largas, simple circuito, doble circuito), suceptancias, transformadores de dos o tres devanados, LTC, banco de capacitores. El tamaño de esta matriz será de $N_l \times N_l$ donde l es el número de barras que tiene el sistema de potencia. Esta matriz es fácil de formular y es de gran importancia para resolver flujos de potencia.

$$Y_l = \begin{bmatrix} Y_{11} & Y_{21} & Y_{31} & Y_{41} & \dots & Y_{ij} \\ Y_{12} & Y_{22} & 0 & 0 & \dots & \\ Y_{13} & 0 & Y_{33} & 0 & \dots & \\ Y_{14} & 0 & 0 & Y_{44} & \dots & \\ Y_{ji} & \vdots & \vdots & \vdots & & Y_{ii} \end{bmatrix}$$

Ecuación 1.32. Matriz de admitancias Y_{barra}

Donde

Y_{ii} : La sumatoria de todas las admitancias mutuas, incluyendo cualquier impedancia fija conectada desde ese barra a tierra.

Y_{ij} Son las admitancias propias que se encuentran interconectadas entre barras.

1.3.8.2 Método Newton Raphson

Es un método iterativo que aproxima un conjunto de ecuaciones no lineales a un conjunto de ecuaciones lineales utilizando la expansión de series de Taylor [3] [2] [4]. Es el método iterativo más utilizado para resolver flujos de potencia porque sus características de convergencia son mejores en comparación con otros procesos alternativos, la fiabilidad del enfoque de Newton-Raphson es comparativamente buena ya

que puede resolver casos que conducen a divergencia con otros métodos. Si el valor supuesto está cerca de la solución, entonces el resultado se obtiene muy rápidamente, pero si el valor supuesto está más alejado de la solución, el método puede tardar más en converger.

Las ecuaciones de flujos de potencia activa y reactiva se muestran en la ecuación 1.33 y 1.34:

$$P_i = \sum_{j=1}^n |V_i||V_j||Y_{ij}|\cos(\theta_{ij} - \delta_i + \delta_j)$$

Ecuación 1.33. Ecuación nodal de la potencia activa.

$$Q_i = \sum_{j=1}^n |V_i||V_j||Y_{ij}|\sin(\theta_{ij} - \delta_i + \delta_j)$$

Ecuación 1.34. Ecuación nodal de la potencia reactiva.

Las ecuaciones 1.33 y 1.34 constituyen un conjunto de ecuaciones algebraicas no lineales en términos de $|V|$ en por unidad y δ en radianes. Estas ecuaciones se expanden en series de Taylor sobre la estimación inicial y despreciando todos los términos de orden superior; se obtiene el siguiente conjunto de ecuaciones lineales.

$$\begin{bmatrix} \Delta P_2^{(k)} \\ \vdots \\ \Delta P_n^{(k)} \\ \Delta Q_2^{(k)} \\ \vdots \\ \Delta Q_n^{(k)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial P_2^{(k)}}{\partial \delta_2} & \cdots & \frac{\partial P_2^{(k)}}{\partial \delta_n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{\partial P_n^{(k)}}{\partial \delta_2} & \cdots & \frac{\partial P_n^{(k)}}{\partial \delta_n} \\ \frac{\partial Q_2^{(k)}}{\partial \delta_2} & \cdots & \frac{\partial Q_2^{(k)}}{\partial \delta_n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{\partial Q_n^{(k)}}{\partial \delta_2} & \cdots & \frac{\partial Q_n^{(k)}}{\partial \delta_n} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \frac{\partial P_2^{(k)}}{\partial |V_2|} & \cdots & \frac{\partial P_2^{(k)}}{\partial |V_n|} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{\partial P_n^{(k)}}{\partial |V_2|} & \cdots & \frac{\partial P_n^{(k)}}{\partial |V_n|} \\ \frac{\partial Q_2^{(k)}}{\partial |V_2|} & \cdots & \frac{\partial Q_2^{(k)}}{\partial |V_n|} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{\partial Q_n^{(k)}}{\partial |V_2|} & \cdots & \frac{\partial Q_n^{(k)}}{\partial |V_n|} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta \delta_2^{(k)} \\ \vdots \\ \Delta \delta_n^{(k)} \\ \Delta V_2^{(k)} \\ \vdots \\ \Delta V_n^{(k)} \end{bmatrix}$$

Ecuación 1.35. Jacobiano de la potencia activa y reactiva con respecto a voltajes y ángulos de n barras.

Los elementos del jacobiano se obtienen después de que se expresan las derivadas parciales de las ecuaciones 1.33 y 1.34, lo que da una relación linealizada entre pequeños cambios en la magnitud y ángulo en el voltaje. La ecuación 1.35 se puede escribir en forma de matriz como.

$$\begin{bmatrix} \Delta P \\ \Delta Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} J_1 & J_2 \\ J_3 & J_4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta \delta \\ \Delta |V| \end{bmatrix}$$

Ecuación 1.36. Jacobiano de la potencia activa y reactiva en forma de submatrices.

Donde

J_1, J_2, J_3, J_4 : Son sub matrices del jacobiano principal y las derivadas parciales de la potencia activa y reactiva con respecto a la magnitud y ángulo del voltaje

La diferencia entre los valores conocidos y calculados de las potencias activas y reactivas son representados como.

$$\Delta P_i^{(k)} = P_i^{(sch)} - P_i^{(k)}$$

Ecuación 1.37. Diferencia entre el valor conocido y el valor calculado de la potencia activa.

$$\Delta Q_i^{(k)} = Q_i^{(sch)} - Q_i^{(k)}$$

Ecuación 1.38. Diferencia entre el valor conocido y el valor calculado de la potencia reactiva.

Los nuevos valores estimados para las barras de voltaje son:

$$\delta^{(k+1)} = \delta^{(k)} + \Delta \delta_i^{(k)}$$

Ecuación 1.39. Nuevos valores de los ángulos de voltaje.

$$|V^{(k+1)}| = |V^{(k)}| + |\Delta V^{(k)}|$$

Ecuación 1.40. Nuevos valores de las magnitudes de voltaje.

1.3.8.3 Método desacoplado rápido

El Método de resolución de flujos de potencia desacoplado rápido se basa en una simplificación del método Newton-Raphson [1]. Este método ofrece simplificaciones de cálculo, convergencia rápida y resultados confiables, por lo que se convirtió en un método ampliamente utilizado en el análisis del flujo de potencia. Sin embargo, el metodo desacoplado rápido para algunos casos, donde existen altas relaciones de resistencia y reactancia (R / X) o cargas con un valor elevado (bajo voltaje) no convergen de la mejor manera porque es un método de aproximación y se hacen algunas suposiciones para simplificar la matriz jacobiana. Para estos casos, se han realizado muchos esfuerzos y desarrollos para superar estos obstáculos de convergencia. Algunos de ellos apuntan a la convergencia de sistemas con altas relaciones R / X, y otros con barras de bajo voltaje.

La matriz jacobiana de la ecuación 1.35 se reduce a la mitad ignorando el elemento de J2 y J3.

$$\begin{bmatrix} \Delta P \\ \Delta Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} J_1 & 0 \\ 0 & J_4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta \delta \\ \Delta |V| \end{bmatrix}$$

Ecuación 1.41. Jacobiano desacoplado rápido.

Aplicando producto de matrices:

$$\Delta P = J_1 \Delta \delta = \left[\frac{\partial P}{\partial |\delta|} \right] \Delta \delta$$

$$\Delta Q = J_4 \Delta |V| = \left[\frac{\partial Q}{\partial |V|} \right] \Delta |V|$$

$$\frac{\Delta P}{V_i} = -B' \Delta \delta$$

Ecuación 1.42. Variaciones de potencia activa utilizando desacoplado rápido.

$$\frac{\Delta Q}{V_i} = -B'' \Delta |V|$$

Ecuación 1.43. Variaciones de potencia reactiva utilizando desacoplado rápido.

B 'y B' 'son las partes imaginarias de la matriz Y_{barras} . Es mejor ignorar todos los elementos conectados en derivación, para hacer que la formación de J1 y J4 sea simple. Esto permitirá solo una matriz única que no cambiara durante todo el proceso iterativo. Los cambios sucesivos de magnitud y ángulo de voltaje son:

$$\Delta \delta = -[B']^{-1} \frac{\Delta P}{|V|}$$

Ecuación 1.44. Variaciones de ángulo de voltaje utilizando desacoplado rápido.

$$\Delta V = -[B'']^{-1} \frac{\Delta Q}{|V|}$$

Ecuación 1.45. Variaciones de magnitudes de voltaje utilizando desacoplado rápido

1.3.9 Simulación de Montecarlo

Las simulaciones de Monte Carlo se usan para modelar la probabilidad de diferentes resultados en un proceso que no puede predecirse fácilmente debido a la intervención de variables aleatorias. Es una técnica utilizada para comprender el impacto del riesgo y la incertidumbre en los modelos de predicción y pronóstico.

La simulación de Monte Carlo se puede utilizar para abordar una variedad de problemas prácticamente en todos los campos, como las finanzas, la ingeniería, la cadena de suministro y la ciencia. La simulación de Monte Carlo también se conoce como simulación de probabilidad.

Si se lo aplica para flujos de potencia, es un proceso repetitivo que está perturbando aleatoriamente los parámetros de entrada alrededor de su valor medio dentro de un intervalo [3] [4], los resultados de un flujo de potencia son almacenados y cuando se tenga un número determinado de simulaciones donde se representa el problema, se hace un análisis exhaustivo para determinar las funciones de densidad de probabilidad de los parámetros de salida, obteniendo de esa manera su valor medio, sus límites de confianza y su desviación estándar.

Las distribuciones de probabilidad se las obtiene acumulando datos históricos, pronósticos o predicciones, pero para que el problema no se vuelva complejo, se asume que es una distribución uniforme, donde se utiliza las siguientes ecuaciones:

Para los voltajes de generación y potencias de carga

$$V_o = V_p(1 + eN)$$

Ecuación 1.46 voltaje perturbado en la simulación de Montecarlo.

Donde:

V_o : Voltaje perturbado

V_p : Voltaje no perturbado

e : rango de error

N : es un número aleatorio ($-1 < N < 1$)

$$S_o = S_p(1 + eN)$$

Ecuación 1.47. Potencia aparente perturbada.

Donde:

S_o : Potencia aparente perturbada

S_p : Potencia aparente no perturbada

El problema de usar la simulación de Montecarlo, es simular muchos flujos de potencia para llegar a los mismos resultados que da el flujo de potencia estocástico, en donde algunos de los casos no hay convergencia.

2. METODOLOGÍA

Los datos de entrada (potencia activa y reactiva) de un estudio tradicional de flujos de potencia presentan incertidumbres y se ha demostrado que son los que ocasionan efectos importantes en los resultados [5].

Estos datos pueden ser modelados estadísticamente mediante una distribución de probabilidad, o un rango alrededor de su valor más probable, por lo tanto al realizar un estudio de flujos de potencia de forma estocástica, los resultados se pueden obtener como una distribución de probabilidad o por medio de límites de confianza.

Para este análisis es más importante obtener el rango de variación de los resultados de un flujo de potencia, que una función de distribución probabilística. Estos rangos se pueden determinar por medio de simulaciones donde se perturben los datos de entrada, tal como se explicó anteriormente en la simulación de Montecarlo, pero este método consume grandes esfuerzos de tiempo y en algunos de los casos no converge.

La metodología escogida para formular el flujo de potencia estocástico fue en base a la teoría de los mínimos cuadrados [3] [4] [11], la misma que permite modelar la variación estocástica de las variables de entrada (potencia activa y reactiva) por medio de una distribución normal o un rango alrededor de su valor más probable. Los resultados que se obtienen son valores esperados y rangos alrededor de dicho valor [4] [3] [5] tanto de las variables de estado como los parámetros de salida que son: potencia activa del generador de la barra oscilante, potencia reactiva de los generadores, flujos de potencia activa y reactiva de los elementos de transmisión. Cuando se menciona que el valor más probable tiene cero grados de libertad, los resultados corresponden a la solución dada por un flujo de potencia determinístico [3] [12] [4].

En este capítulo se describe una formulación donde se utilizan datos de un flujo de potencia convencional, más otras características estadísticas como la media, la variancia, covarianza y desviación estándar. La combinación de esta información da como resultado un flujo de potencia estocástico.

2.1 Formulación Matemática

2.1.1 Modelo lineal

Las ecuaciones de un flujo de potencia son ecuaciones no lineales, las mismas que pueden ser linealizadas por medio de series de Taylor [3] , haciendo de este un proceso iterativo para la solución.

Se puede suponer que la formulación de flujos de potencia se puede representar de forma lineal, tal como se muestra en la ecuación 2.1.

$$\bar{y} = A\bar{x}$$

Ecuación 2.1. Representación lineal de un sistema de flujos de potencia.

Donde:

A : Matriz de valores constantes

\bar{x} : Vector del valor esperado de las variables de estado

\bar{y} : Vector del valor esperado los datos de entrada

La ecuación 2.1 representa la formulación de un flujo de potencia convencional, donde los datos de entrada son ingresados de forma puntual. Si se introduce a la ecuación 2.1 la incertidumbre de los parámetros de entrada, se tiene la siguiente expresión:

$$\bar{y} = A\bar{x} + \bar{\epsilon}$$

Ecuación 2.2. Representación lineal de un sistema de flujos de potencia considerando incertidumbre en los datos de entrada.

Si se aplica la ecuación 2.2 a un sistema eléctrico de potencia, la variable \bar{x} representa a los voltajes y ángulos de cada una de las barras, mientras que la variable \bar{y} a la potencia activa y reactiva nodales, $\bar{\epsilon}$ (variaciones) es una variable aleatoria que permite modelar la incertidumbre de las variables de entrada [5]. Para hallar la mejor estimación de las variables de estado se tiene que asumir inicialmente que las incertidumbres en las variables de entrada son cero.

$$E(\bar{\epsilon}) = 0$$

Ecuación 2.3. Incertidumbre en los datos de entrada.

La matriz de covarianza $\bar{\epsilon}$ indica la dispersión de las variables de entrada alrededor de su valor medio, esto implica que las variaciones están aleatoriamente distribuidas y pueden tener un valor positivo o negativo. La matriz de covarianza está definida por la ecuación 2.4.

$$V = E(\bar{\epsilon} \bar{\epsilon}^t)$$

Ecuación 2.4. Matriz de covarianza de las variaciones de los datos de entrada.

La ecuación 2.4 es el producto de los errores por su transpuesta y es igual al vector V , escribiéndole de otra forma:

$$V = \begin{bmatrix} e_1^2 & e_1 e_2 & e_1 e_3 \\ e_2 e_1 & e_2^2 & e_2 e_3 \\ e_3 e_1 & e_3 e_2 & e_3^2 \end{bmatrix}$$

El valor esperado de todos los elementos fuera de la diagonal son cero porque se considera que todas las variaciones de los datos de entrada son independientes, mientras que los elementos de la diagonal corresponden a la varianza de las variables de entrada [3] [4] quedando de la siguiente manera:

$$V = \begin{bmatrix} \sigma_1^2 & 0 & 0 \\ 0 & \sigma_2^2 & 0 \\ 0 & 0 & \sigma_3^2 \end{bmatrix}$$

Ecuación 2.5. Matriz de covarianza de errores (variaciones de los datos de entrada).

La teoría de estimación de estado establece que el mejor estimativo de la variable de estado \bar{x} se obtiene al minimizar la sumatoria de los cuadrados de los errores por sus varianzas [11] [3] [4] [5].

$$\min \left(\sum_{i=1}^n \bar{\epsilon}^2 V^{-1} \right)$$

También puede ser expresado de la siguiente manera:

$$\min(\bar{\epsilon}^T V^{-1} \bar{\epsilon})$$

La cantidad que se encuentra dentro del paréntesis es denominada función de error la misma que es representa por $J(\bar{x})$ y es un valor escalar.

$$J(\bar{x}) = \bar{\epsilon}^T V^{-1} \bar{\epsilon}$$

Ecuación 2.6. Función de error

Si expresa la ecuación 2.2 de otra manera:

$$\bar{e} = \bar{y} - A\bar{x}$$

Ecuación 2.7. Variaciones de los datos de entrada.

Si se reemplaza la ecuación 2.7 en la ecuación 2.6:

$$J(\bar{x}) = (\bar{y} - A\bar{x})^T V^{-1} (\bar{y} - A\bar{x})$$

Realizando operaciones matemáticas:

$$J(\bar{x}) = (\bar{y}^t - \bar{x}^t \bar{A}^t) V^{-1} (\bar{y} - A\bar{x})$$

$$J(\bar{x}) = \bar{y}^{-t} V^{-1} \bar{y} - \bar{y}^{-t} V^{-1} A\bar{x} - \bar{x}^{-t} \bar{A}^t V^{-1} \bar{y} + \bar{x}^{-t} \bar{A}^t V^{-1} A\bar{x}$$

$$J(\bar{x}) = \bar{y}^{-t} V^{-1} \bar{y} - 2\bar{x}^{-t} \bar{A}^t V^{-1} \bar{y} + \bar{x}^{-t} \bar{A}^t V^{-1} A\bar{x}$$

Para escoger la mejor estimación de las variables de estado, se toma aquellos valores en los que la función de error sea minimizada, por lo tanto se tiene que derivar la función $J(\bar{x})$:

$$\frac{\partial J(\bar{x})}{\partial (\bar{x})} = -2\bar{A}^t V^{-1} \bar{y} + 2\bar{A}^t V^{-1} A\bar{x}$$

Ecuación 2.8. Derivada de la función de error

El mínimo valor de la función $J(\bar{x})$ es cuando:

$$\frac{\partial J(\bar{x})}{\partial (\bar{x})} = 0$$

$$-2A^T V^{-1} \bar{y} + 2A^T V^{-1} A\bar{x} = 0$$

Realizando operaciones matemáticas y denominando a \hat{x} como la mejor estimación de las variables de estado, se tiene la siguiente expresión:

$$\hat{x} = (A^T V^{-1} A)^{-1} A^T V^{-1} \bar{y}$$

Ecuación 2.9. Expresión de la variable \hat{x}

Donde:

\hat{x} : Mejor estimativo de las variables de estado.

Un flujo de potencia se formula en base a los datos de entrada \bar{y} , donde se forma un número de ecuaciones con igual número de incógnitas y A es una matriz cuadrada, resolviendo la ecuación 2.9 para cero grados de libertad se reduce a:

$$\hat{x} = A^{-1}\bar{y}$$

Ecuación 2.10. Mejor estimativo de la variable \hat{x}

De la ecuación 2.10, se puede decir que la mejor estimación de \hat{x} , es el mismo resultado que la que se obtiene mediante la formulación de un flujo de potencia tradicional, ya que para cero grados de libertad se eliminan las matrices de la parte estadística .

A continuación se realiza un análisis estadístico de las variables de estado, parámetros de entrada y de los parámetros de salida con el objetivo de obtener la formulación de un flujo de potencia estocástico.

2.1.2 Análisis estadístico de las variables de estado

Partiendo de la ecuación 2.9.

$$\hat{x} = (A^T V^{-1} A)^{-1} A^T V^{-1} \bar{y}$$

Reemplazando la ecuación 2.1 en la ecuación 2.9:

$$\hat{x} = (A^t V^{-1} A)^{-1} A^t V^{-1} (A\bar{x} + \bar{\epsilon})$$

Desarrollando operaciones matemáticas:

$$\hat{x} = (A^t V^{-1} A)^{-1} (A^t V^{-1} A) \bar{x} + (A^t V^{-1} A)^{-1} A^t V^{-1} \bar{\epsilon}$$

$$\hat{x} = \bar{x} + (A^t V^{-1} A)^{-1} A^t V^{-1} \bar{\epsilon}$$

Si se considera $(A^t V^{-1} A)^{-1} A^t V^{-1}$ una matriz C constante, entonces:

$$\hat{x} = \bar{x} + C \bar{\epsilon}$$

Ecuación 2.11. Mejor estimación de la variable \hat{x} .

Utilizando la esperanza en la ecuación 2.11, valor esperado de \hat{x} es:

$$E(\hat{x}) = E(\hat{x} + C \bar{\epsilon})$$

Ecuación 2.12. Mejor estimación de la variable \hat{x} .

Aplicando propiedades de la esperanza matemática:

$$E(\hat{x}) = E(\bar{x}) + CE(\bar{\epsilon})$$

Ecuación 2.13. Mejor estimación de la variable \hat{x} .

De acuerdo con la ecuación 2.3 se obtiene:

$$E(\hat{x}) = \bar{x}$$

Ecuación 2.14. Valor esperado de la variable \hat{x}

Con la ecuación 2.14 se puede decir que el valor esperado de \hat{x} es igual a su valor verdadero \bar{x} , cuando sucede esto se dice que el estimador es sin desviación o no hay ninguna variación alrededor de su valor medio. [3]

La varianza es una medida de dispersión que tiene una variable aleatoria con respecto a su valor medio, es la esperanza del cuadrado de la desviación de esa variable considerada frente su media, esto da como resultado la matriz de covarianzas de \hat{x} .

$$cov(\hat{x}) = E((\hat{x} - \bar{x})(\hat{x} - \bar{x})^t)$$

Ecuación 2.15. Covarianza de una variable aleatoria.

Reemplazando las ecuaciones 2.11 en la ecuación 2.15 se obtiene:

$$cov(\hat{x}) = E((\bar{x} + C \bar{\epsilon} - \bar{x})(\bar{x} + C \bar{\epsilon} - \bar{x})^t)$$

Desarrollando operaciones matemáticas:

$$cov(\hat{x}) = E((C \bar{\epsilon})(C \bar{\epsilon})^t)$$

Considerando que la matriz C es constante y aplicando las propiedades de esperanza matemática se tiene la siguiente ecuación:

$$cov(\hat{x}) = CE(\bar{\epsilon}\bar{\epsilon}^t)C^t$$

Pero hay que recordar que $E(\bar{\epsilon}\bar{\epsilon}^t)$ es la matriz de incertidumbres V tal como se mostró anteriormente en la ecuación 2.4

$$cov(\hat{x}) = CVC^t$$

Ecuación 2.16. Covarianza de una variable aleatoria.

De igual manera se mencionó que la matriz constante C es igual:

$$C = (A^tV^{-1}A)^{-1}A^tV^{-1}$$

Haciendo los respectivos remplazos y operaciones en la ecuación 2.16 se obtiene las siguientes expresiones:

$$cov(\hat{x}) = [(A^t V^{-1} A)^{-1} A^t V^{-1}] V [(A^t V^{-1} A)^{-1} A^t V^{-1}]^t$$

$$cov(\hat{x}) = [(A^t)^{-1} V A^{-1} A^t V^{-1}] V [(A^t)^{-1} V A^{-1} A^t V^{-1}]^t$$

$$cov(\hat{x}) = (A^t)^{-1} V A^{-1}$$

$$cov(\hat{x}) = (A^t V^{-1} A)^{-1}$$

Ecuación 2.17. Matriz de covarianzas de las variables de estado.

La ecuación 2.17 es de gran importancia en el flujo de potencia estocástico debido a que indica las desviaciones del valor verdadero de cada una de las variables de estado en función de la incertidumbre de los parámetros de entrada ingresados en la matriz V.

2.1.3 Análisis estadístico de los parámetros de entrada Y

Si \hat{x} es la mejor estimación de la ecuación 2.1, entonces la mejor estimación de los datos entrada será

$$\hat{y} = A\hat{x}$$

Ecuación 2.18. Mejor estimación de la variable \hat{y} .

El valor esperado de \hat{y} es:

$$E(\hat{y}) = E(A\hat{x})$$

Considerando que A es una matriz constante:

$$E(\hat{y}) = AE(\hat{x})$$

Ecuación 2.19. Mejor estimación de la variable \hat{y} .

Si se reemplaza la ecuación 2.14 en la ecuación 2.19:

$$E(\hat{y}) = A\bar{x}$$

Esta última ecuación es igual a la ecuación 2.1, por lo tanto:

$$E(\hat{y}) = E(\bar{y})$$

Ecuación 2.20. Valor verdadero de los datos de entrada.

De la misma forma se puede aplicar la matriz de covarianza a los parámetros de entrada:

$$cov(\hat{y}) = E((\hat{y} - \bar{y})(\hat{y} - \bar{y})^t)$$

$$cov(\hat{y}) = E((A\hat{x} - A\bar{x})(A\hat{x} - A\bar{x})^t)$$

$$cov(\hat{y}) = E(A(\hat{x} - \bar{x})(\hat{x} - \bar{x})^t A^t)$$

$$cov(\hat{y}) = AE((\hat{x} - \bar{x})(\hat{x} - \bar{x})^t)A^t$$

Pero en ecuaciones anteriores se demostró que:

$$E((\hat{x} - \bar{x})(\hat{x} - \bar{x})^t) = cov(\hat{x})$$

Por lo que se puede decir:

$$cov(\hat{y}) = A(A^t V^{-1} A)^{-1} A^t$$

Ecuación 2.21. Covarianza de los datos de entrada \hat{y} .

Si hay cero grados de libertad y tomando que en cuenta que la matriz A es simétrica:

$$cov(\hat{y}) = A(A^t)^{-1} V A^{-1} A^t$$

$$cov(\hat{y}) = V$$

Ecuación 2.22. Covarianza de los datos de entrada \hat{y} .

De la ecuación 2.22 se puede decir que para cero grados de libertad no es posible obtener un valor de \hat{y} mas próximo a \bar{y} [13] [12].

2.1.4 Análisis estadístico de los parámetros de salida z

En los puntos anteriores se hizo el análisis tanto de los parámetros de entrada como de las variables de estado, siendo estos los voltajes complejos de cada una de las barras.

Los parámetros z son los flujos de potencia que circulan por cada una de las líneas y la potencia reactiva en cada uno de los generadores, estas variables se las puede determinar cuándo se conoce las variables de estado, las mismas que se pueden obtener mediante un flujo de potencia convencional.

Se plantea mediante un modelo lineal los parámetros de salida z, los mismos que son función de las variables de estado x.

$$\bar{z} = K\bar{x}$$

Ecuación 2.23. Modelo lineal de los parámetros de salida

Si \hat{x} es la mejor estimación de las variables de estado, la mejor estimación de los parámetros \hat{z} es

$$\hat{z} = K\hat{x}$$

Ecuación 2.24. Mejor estimación de los parámetros \hat{z} .

El valor esperado de \hat{z} es:

$$E(\hat{z}) = KE(\hat{x})$$

De la misma forma que en análisis anteriores se llega a determinar que la mejor estimación de los parámetros \hat{z} es igual a su valor verdadero, es decir:

$$E(\hat{z}) = E(\bar{z})$$

Ecuación 2.25. Mejor estimación de los parámetros \hat{z} .

La matriz de covarianza de \hat{z} se expone de la siguiente manera:

$$cov(\hat{z}) = E((\hat{z} - \bar{z})(\hat{z} - \bar{z})^t)$$

$$cov(\hat{z}) = E(K(\hat{x} - \bar{x})(\hat{x} - \bar{x})^t K^t)$$

$$cov(\hat{z}) = KE((\hat{x} - \bar{x})(\hat{x} - \bar{x})^t) K^t$$

Igual que en casos anteriores:

$$E((\hat{x} - \bar{x})(\hat{x} - \bar{x})^t) = cov(\hat{x})$$

$$cov(\hat{z}) = K^T cov(\hat{x}) K$$

Ecuación 2.26. Matriz de covarianza de los parámetros de salida

2.2 Modelo no lineal

Este modelo tiene como base la teoría de formulación lineal que se mencionó anteriormente.

Considerando que hay incertidumbre en los parámetros de entrada, las ecuaciones del flujo de potencia son las siguientes:

$$\bar{y} = f(\bar{x}) + \bar{\epsilon}$$

Ecuación 2.27. Modelo no lineal.

En donde $f(\bar{x})$ no es una función lineal, pero si se realiza la expansión en series de Taylor de esta función, las derivadas parciales de orden superior pueden despreciarse si

un punto de operación \bar{x}_m esta próximo al valor de solución, por lo tanto se establece la siguiente relación lineal:

$$\bar{y} = f(\bar{x}_m) = J\Delta\bar{x} + \bar{\epsilon}$$

Ecuación 2.28. Modelo no lineal considerando incertidumbre en los parámetros de entrada.

Donde:

\bar{x}_m : Punto de solución de un flujo de potencia.

Por lo tanto:

$$\Delta\bar{y} = J\Delta\bar{x} + \bar{\epsilon}$$

Ecuación 2.29 .Variaciones de potencia activa y reactiva.

Donde:

$\Delta\bar{y}$: Variaciones de potencia activa y reactiva.

$\Delta\bar{x}$: Variaciones de magnitudes y ángulos de voltaje

J : Es el jacobiano que se utiliza en la formulación de flujos de potencia convencional, el cual está conformado por las derivadas parciales de la potencia activa y reactiva con respecto a las variables de estado.

La ecuación 2.30 tiene la misma forma del modelo lineal que la ecuación 2.9 con la diferencia que J no es una matriz constante, y sus coeficientes están cambiando en cada paso del proceso iterativo de flujos de potencia Newton Rhapson, por lo tanto la mejor estimación de $\Delta\hat{x}$ es:

$$\Delta\hat{x} = (J^t V^{-1} J)^{-1} J^t V^{-1} \Delta\bar{y}$$

Ecuación 2.30. Mejor estimativo de $\Delta\bar{x}$.

Para cero grados de libertad, el jacobiano es una matriz cuadrada, la ecuación 2.30 se reduce a:

$$\Delta\hat{x} = J^{-1} \Delta\bar{y}$$

Ecuación 2.31. Mejor estimativo de $\Delta\bar{x}$ con cero grados de libertad

Esta es la misma solución que se obtiene aplicando la formulación de Newton Raphson, de igual manera las variables de estado se van actualizando de manera iterativa.

$$\hat{x}_m = \bar{x}_m + \Delta\hat{x}$$

Ecuación 2.32. Actualización de las variables de estado

En el análisis del modelo lineal que se realizó anteriormente, las ecuaciones que interesan en un flujo de potencia estocástico son aquellas que involucran a las matrices de covarianza de \hat{x} y \hat{z} , por consiguiente para el modelo no lineal solo se va encontrar dicha expresión:

$$Cov(\Delta\hat{x}) = (J^t V^{-1} J)^{-1}$$

Ecuación 2.33. Matriz de covarianza de las variables de estado.

Si se aplica la covarianza a la ecuación 2.33:

$$Cov(\hat{x}_m) = Cov(\bar{x}_m + \Delta\hat{x})$$

\bar{x}_m : es el valor verdadero o el valor obtenido por un flujo de potencia convencional y se mantiene constante por lo tanto:

$$Cov(\hat{x}_m) = Cov(\Delta\hat{x})$$

De la misma manera se hará un análisis con las variables de salida.

$$\bar{z} = g(\bar{x})$$

$$\bar{z} - g(\bar{x}) = K\Delta\bar{x}$$

Por lo tanto:

$$\Delta\bar{z} = K\Delta\bar{x}$$

Ecuación 2.34. Variables de salida

Donde

$\Delta\bar{z}$: Vector de variables de salida

K : es el jacobiano que está conformado por las derivadas parciales de los parámetros de salida con respecto a las variables de estado.

La ecuación 2.34 tiene la misma forma que el modelo lineal, de tal manera que los valores estimados de $\Delta\bar{z}$ se pueden obtener por:

$$\Delta \hat{z} = K \Delta \hat{x}$$

De la formulación no lineal se obtiene:

$$Cov(\Delta \hat{z}) = K^T cov(\hat{x}) K$$

$$\bar{\hat{z}} = g(\bar{\hat{x}}) + K \Delta \hat{x}$$

Aplicando las covarianza

$$Cov(\hat{z}) = Cov(g(\hat{x}) + K \Delta \hat{x})$$

Si $g(\hat{x})$ se considera fijo:

$$Cov(\hat{z}) = Cov(K \Delta \hat{x}) = Cov(\Delta \hat{z})$$

$$Cov(\hat{z}) = K^T cov(\hat{x}) K$$

Ecuación 2.35. Matriz de covarianzas de las variables de salida.

2.3 Formación del jacobiano K

Los elementos de la matriz K están formados por las derivadas parciales de las variables de salida (potencia activa oscilante, potencia reactiva oscilante, potencia reactiva de los generadores de voltaje controlado, potencia activa y reactiva de las líneas de transmisión) con respecto a las variables de estado.

$$K = \begin{bmatrix} [K1] & [K2] \\ [K3] & [K4] \\ [K5] & [K6] \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta \delta \\ \Delta V \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Delta P_{osc} \\ \Delta Q_{gen} \\ \Delta P_{pq} \\ \Delta Q_{pq} \end{bmatrix}$$

Ecuación 2.36. Jacobiano K de las variables de salida.

2.3.1 Formación de las submatrices K1 y K2

La formación de estas submatrices se basa en las derivadas parciales de la potencia oscilante y la potencia reactiva de los generadores.

$$[K1 \quad K2] \begin{bmatrix} \Delta \delta \\ \Delta V \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Delta P_{osc} \\ \Delta Q_{osc} \\ \Delta Q_{gen} \end{bmatrix}$$

Ecuación 2.37. Jacobiano K1 y K2.

$$\begin{bmatrix} \frac{\partial P_{osc}}{\partial \delta_2} & \frac{\partial P_{osc}}{\partial \delta_C} & \dots & \frac{\partial P_{osc}}{\partial \delta_n} \\ \frac{\partial Q_{osc}}{\partial \delta_2} & \frac{\partial Q_{osc}}{\partial \delta_C} & \dots & \frac{\partial Q_{osc}}{\partial \delta_n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ \frac{\partial Q_n}{\partial \delta_2} & \frac{\partial Q_n}{\partial \delta_C} & \dots & \frac{\partial Q_n}{\partial \delta_n} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \frac{\partial P_{osc}}{\partial V_2} & \frac{\partial P_{osc}}{\partial V_C} & \dots & \frac{\partial P_{osc}}{\partial V_n} \\ \frac{\partial Q_{osc}}{\partial V_2} & \frac{\partial Q_{osc}}{\partial V_C} & \dots & \frac{\partial Q_{osc}}{\partial V_n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ \frac{\partial Q_n}{\partial V_2} & \frac{\partial Q_n}{\partial V_C} & \dots & \frac{\partial Q_n}{\partial V_n} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta \delta_2 \\ \Delta \delta_C \\ \vdots \\ \Delta \delta_n \\ \Delta V_2 \\ \Delta V_C \\ \vdots \\ \Delta V_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Delta P_{osc} \\ \Delta Q_{osc} \\ \Delta Q_{gen} \end{bmatrix}$$

Ecuación 2.38. Jacobiano K1 y K2.

2.3.2 Formación de las submatrices k3, k4, k5 k6

La formación de estas matrices se basa en las derivadas parciales de la potencia activa en los elementos de transmisión.

$$\begin{bmatrix} K3 & K4 \\ K5 & K6 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta \delta \\ \Delta V \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Delta P_{pq} \\ \Delta Q_{pq} \end{bmatrix}$$

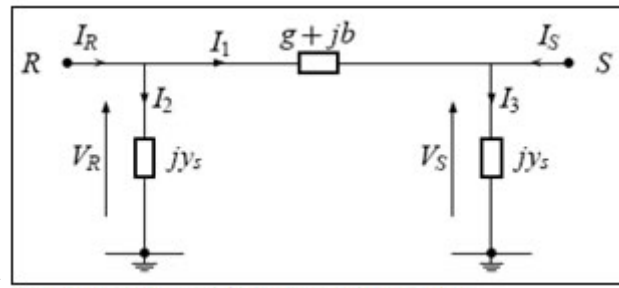


Figura2.1. Modelo π de una línea de transmisión [14].

Partiendo de la ecuación de un flujo de potencia en un elemento de transmisión:

$$S_{ij} = V_i \angle \theta_i * I_i^*$$

Ecuación 2.39. Flujo de potencia

$$S_{ij} = V_i \angle \theta_i \left[\frac{V_i \angle \theta_i - V_j \angle \theta_j}{r + jx} + V_i \angle \theta_i * j \frac{Y}{2} \right]^*$$

Donde

$$\frac{1}{r - jx} * \frac{r + jx}{r + jx} = \frac{r}{r^2 + x^2} + j \frac{x}{r^2 + x^2} = g + jb$$

$$S_{ij} = V_i \angle \theta_i \left[(V_i \angle -\theta_i - V_j \angle -\theta_j)(g + jb) - j \frac{y}{2} V_i \angle -\theta_i \right]$$

$$S_{ij} = V_i < \theta_i \left[(V_i < -\theta_i - V_j < -\theta_j)(g + jb) - j \frac{y}{2} V_i < -\theta_i \right]$$

$$S_{ij} = V_i \left[(V_i - V_j(\cos\theta_{ij} + \sin\theta_{ij}))(g + jb) - j \frac{y}{2} V_i \right]$$

Separando la parte real e imaginaria:

$$P_{ij} = V_i \left[(V_i - V_j \cos\theta_{ij})g + V_j \sin\theta_{ij}b \right]$$

Ecuación 2.40. Potencia activa en elementos de transmisión.

$$Q_{ij} = V_i \left[(V_i - V_j \cos\theta_{ij})b + V_j \sin\theta_{ij}g - j \frac{y}{2} V_i \right]$$

Ecuación 2.41. Potencia reactiva en elementos de transmisión.

Aplicando las derivadas parciales a la ecuación 2.40 y 2.41:

Se tiene la siguiente expresión:

$$\begin{bmatrix} \frac{\partial P_{12}}{\partial \delta_2} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \frac{\partial P_{13}}{\partial \delta_3} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \frac{\partial P_{23}}{\partial \delta_2} & \frac{\partial P_{23}}{\partial \delta_3} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \frac{\partial P_{34}}{\partial \delta_3} & \frac{\partial P_{34}}{\partial \delta_4} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \frac{\partial P_{15}}{\partial \delta_5} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{\partial P_{1n}}{\partial \delta_n} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \frac{\partial P_{12}}{\partial V_2} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \frac{\partial P_{13}}{\partial V_3} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \frac{\partial P_{23}}{\partial V_2} & \frac{\partial P_{23}}{\partial V_3} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \frac{\partial P_{34}}{\partial V_3} & \frac{\partial P_{34}}{\partial V_4} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \frac{\partial P_{15}}{\partial V_5} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{\partial P_{1n}}{\partial V_n} \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} \frac{\partial Q_{12}}{\partial \delta_2} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \frac{\partial Q_{13}}{\partial \delta_3} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \frac{\partial Q_{23}}{\partial \delta_2} & \frac{\partial Q_{23}}{\partial \delta_3} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \frac{\partial Q_{34}}{\partial \delta_3} & \frac{\partial Q_{34}}{\partial \delta_4} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \frac{\partial Q_{15}}{\partial \delta_5} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{\partial Q_{1n}}{\partial \delta_n} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \frac{\partial Q_{12}}{\partial V_2} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \frac{\partial Q_{13}}{\partial V_3} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \frac{\partial Q_{23}}{\partial V_2} & \frac{\partial Q_{23}}{\partial V_3} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \frac{\partial Q_{34}}{\partial V_3} & \frac{\partial Q_{34}}{\partial V_4} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \frac{\partial Q_{15}}{\partial V_5} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{\partial Q_{1n}}{\partial V_n} \end{bmatrix}$$

Ecuación 2.42. Jacobiano K3, K4, K5, K6

El jacobiano K es de tamaño $2(n-1)$ ya que no se toman en cuenta los elementos con respecto a la barra oscilante.

$$\frac{\partial P_{ij}}{\partial \delta_j} = Q_{ij} - (B_{ij} - \frac{y}{2})V_i^2$$

Ecuación 2.43. Elementos de la matriz k3

$$\frac{\partial P_{ij}}{\partial \delta_i} = -\frac{\partial P_{ij}}{\partial \delta_j}$$

Ecuación 2.44. Elementos de la matriz k3

$$\frac{\partial P_{ij}}{\partial V_j} = \frac{P_{ij}}{V_j} + \frac{G_{ij}V_i^2}{V_j}$$

Ecuación 2.45. Elementos de la matriz k4

$$\frac{\partial P_{ij}}{\partial V_i} = \frac{P_{ij}}{V_i} - G_{ij}V_P$$

Ecuación 2.46. Elementos de la matriz k4

$$\frac{\partial Q_{ij}}{\partial \delta_j} = -V_j \frac{\partial P_{ij}}{\partial \delta_i}$$

Ecuación 2.47. Elementos de la matriz k5

$$\frac{\partial Q_{ij}}{\partial \delta_i} = -\frac{\partial Q_{ij}}{\partial \delta_j}$$

Ecuación 2.48. Elementos de la matriz k5

$$\frac{\partial Q_{ij}}{\partial V_j} = \frac{1}{V_j} \frac{\partial P_{ij}}{\partial \delta_j}$$

Ecuación 2.49. Elementos de la matriz k6.

$$\frac{\partial Q_{ij}}{\partial V_i} = \frac{1}{V_j} (2Q_{ij} - \frac{\partial P_{ij}}{\partial \delta_j})$$

Ecuación 2.50. Elementos de la matriz K6

2.4 Intervalos de confianza

Hasta el momento las ecuaciones que interesan en un flujo de potencia estocástico son las siguientes:

$$\hat{x} = A^{-1}\hat{y}$$

Ecuación 2.51. Mejor estimativo de las variables de estado

$$\hat{z} = D^{-1}\hat{y}$$

Ecuación 2.52. Mejor estimativo de las variables de salida.

$$\text{cov}(\hat{x}) = (J^T V^{-1} J)^{-1}$$

Ecuación 2.53. Covarianza de las variables de estado.

$$\text{cov}(\hat{z}) = K^T \text{cov}(\hat{x}) K$$

Ecuación 2.54. Covarianza de las variables de salida.

Las ecuaciones 2.51 y 2.52 permiten evaluar el mejor estimativo de las variables de estado de un flujo de potencia normal, es decir la formulación de un flujo de potencia determinístico, mientras que las ecuaciones 2.53 y 2.54 permiten determinar la dispersión de las variables de estado y las variables de salida (flujos de potencia activa y reactiva de líneas de transmisión) debido a la incertidumbre de los datos de entrada.

Las variables \bar{x} y \bar{z} son combinaciones lineales de los parámetros \bar{y} , las observaciones o parámetros \bar{y} son independientes y pueden tener distintas funciones de distribución estadística, la mismas que permiten establecer la estadística en la matriz V, sin embargo esta formulación estocástica es apoyada en el teorema del límite central, en donde los datos de entrada son modelados por medio de una campana de Gauss, por lo tanto los resultados de las combinaciones lineales tienden a ser variables aleatorias que siguen una distribución normal con una desviación estándar σ_x y σ_z [3] [4] [5].

$$\sigma_x^2 = \text{diag}(\text{cov}(\hat{x}))$$

Ecuación 2.55. Diagonal de las matrices de covarianza de las variables de estado.

$$\sigma_z^2 = \text{diag}(\text{cov}(\hat{z}))$$

Ecuación 2.56. Diagonal de las matrices de covarianza de los parámetros de salida.

Donde el valor esperado de \hat{x} y \hat{z} no tendría un valor constante, sino un valor que está variando dentro de un intervalo de confianza.

$$\hat{x} = \bar{x} \pm S\sigma_x$$

Ecuación 2.57. Variación de los parámetros de salida.

$$\hat{z} = \bar{z} \pm S\sigma_z$$

Ecuación 2.58. Variación de los parámetros de salida.

La proporción que está situada entre la media y las desviaciones estándar es una constante. El valor de S toma distintos valores según el intervalo de confianza y el área bajo la curva de densidad gaussiana que se quiere cubrir, tal como se lo menciono en el capítulo 1.

Tabla 2.1. Valores de S

S	Intervalo de confianza (%)
1	65
2	95
3	99

Para el caso de estudio se escogió el valor de S sea igual a 3.

2.5 Características de un flujo de potencia estocástico

El vector \bar{x} contiene las variables de estado que existen en un flujo de potencia convencional, voltajes y ángulos de cada una las barras. La matriz V son los errores de los datos de entrada \bar{y} , es decir la incertidumbre de la demanda, estos valores son ingresados en su diagonal debido a que se consideró que las variaciones de las barras son independientes.

La matriz J es el jacobiano que se evalúa en un flujo de potencia normal, hay que tomar en cuenta que esta matriz es variable y que sus valores se están actualizando hasta que pueda converger el flujo de potencia y obtener las variables de estado, por tal razón se utilizará el jacobiano J de la última iteración para la parte estocástica.

El vector \bar{z} está conformado por variables de estado dependientes que se calculan una vez que se evalúan los valores del vector \bar{x} , es decir los flujos de potencia que circulan por las líneas de transmisión y la potencia reactiva de las unidades de generación.

La matriz K es el jacobiano de las variables \bar{z} que se evalúa después que se calculó las variables de estado x , las componentes de este jacobiano son las derivadas parciales con respecto a las variables de estado, ángulos y voltajes de cada una de las barras.

2.5.1 Voltajes de generación

En la formulación de un flujo de potencia estocástico se puede tomar como consideración que los voltajes de generación tengan variación, sin embargo en la práctica esto no suele suceder ya que los generadores tienen reguladores de voltaje, los cuales se encargan de mantener el voltaje constante [4].

Hay dos opciones para modelar los nodos de voltaje controlado y ver su efecto en los voltajes y elementos de transmisión.

- Nodos de voltaje fijos
- Nodos de voltajes variables.

2.5.1.1 Nodos de voltajes fijos

En este escenario se formula el flujo de potencia estocástico con voltajes de generación fijos, es decir que su varianza tendrá un valor de cero, por tanto esta representación asume que las variaciones que ocurran en las variables de estado y parámetros de salida serán únicamente por los cambios de la carga.

2.5.2 Nodos de voltajes variables

En este escenario se formula un flujo de potencia estocástico considerando que hay variaciones de los nodos de carga y nodos de generación, por tanto, el efecto de los mismos se verá reflejado claramente en la potencia reactiva de elementos de transmisión y generadores. Para tomar en cuenta este efecto de voltaje controlado, se reemplaza la ecuación 1.34 de potencia reactiva por la ecuación 2.59. [4]

$$V_G^2(\text{especificado}) = V_G^2(\text{calculado})$$

Ecuación 2.59. Voltaje de barra controlado.

Aplicando Newton Raphson a la ecuación 2.59:

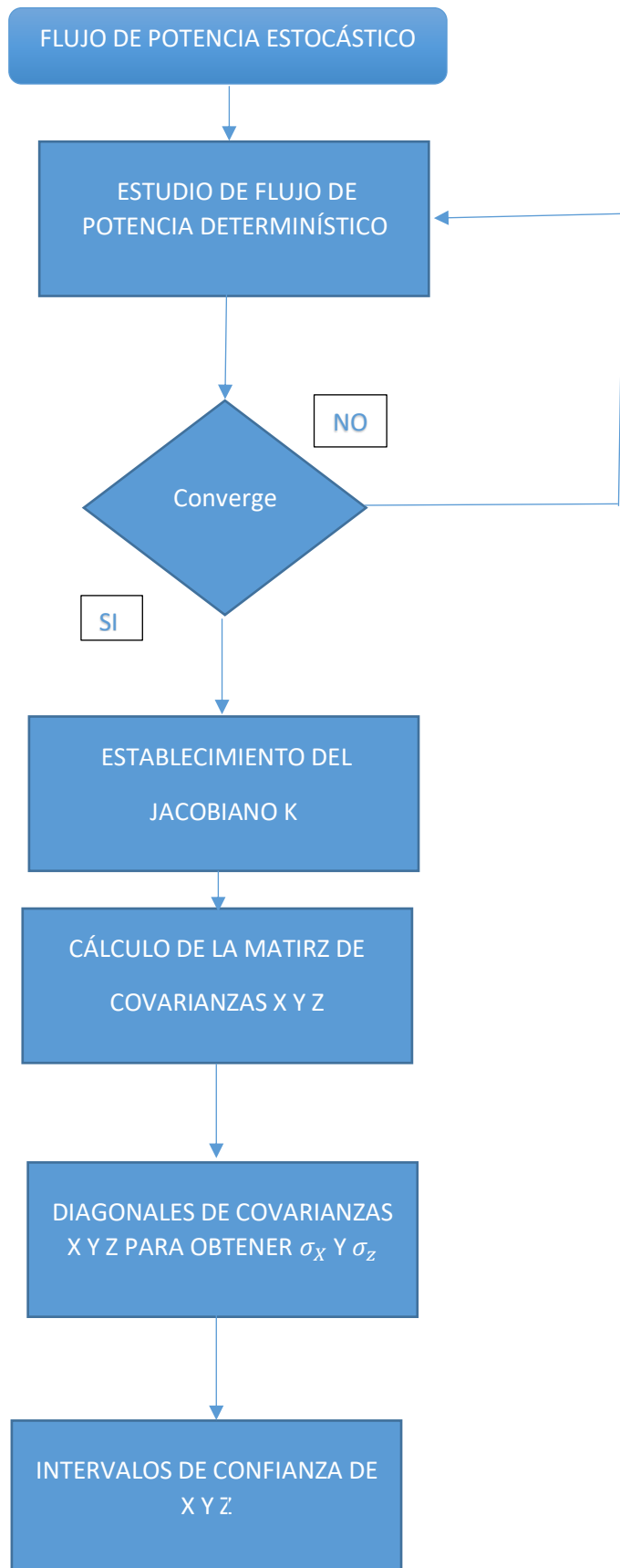
$$\frac{\partial V_G^2}{\partial V_G} = 2V_G$$

El jacobiano quedaría de la siguiente manera

$$J = \begin{bmatrix} \left[\begin{array}{ccc} \frac{\partial P_2^{(k)}}{\partial \delta_2} & \dots & \frac{\partial P_2^{(k)}}{\partial \delta_n} \\ \vdots & \frac{\partial P_G^{(k)}}{\partial \delta_G} & \vdots \\ \frac{\partial P_n^{(k)}}{\partial \delta_2} & \dots & \frac{\partial P_n^{(k)}}{\partial \delta_n} \end{array} \right] & \left[\begin{array}{ccc} \frac{\partial P_2^{(k)}}{\partial |V_2|} & \dots & \frac{\partial P_2^{(k)}}{\partial |V_n|} \\ \vdots & \frac{\partial P_G^{(k)}}{\partial V_G} & \vdots \\ \frac{\partial P_n^{(k)}}{\partial |V_2|} & \dots & \frac{\partial P_n^{(k)}}{\partial |V_n|} \end{array} \right] \\ \left[\begin{array}{ccc} \frac{\partial Q_2^{(k)}}{\partial \delta_2} & \dots & \frac{\partial Q_2^{(k)}}{\partial \delta_n} \\ 0 & 0 & 0 \\ \frac{\partial Q_n^{(k)}}{\partial \delta_2} & \dots & \frac{\partial Q_n^{(k)}}{\partial \delta_n} \end{array} \right] & \left[\begin{array}{ccc} \frac{\partial P_2^{(k)}}{\partial |V_2|} & \dots & \frac{\partial P_2^{(k)}}{\partial |V_n|} \\ 0 & \frac{\partial V_G^2}{\partial V_G} & 0 \\ \frac{\partial P_n^{(k)}}{\partial |V_2|} & \dots & \frac{\partial P_n^{(k)}}{\partial |V_n|} \end{array} \right] \end{bmatrix}$$

2.6 Algoritmo de un flujo de potencia estocástico

1. Obtener las variables de estado \bar{x} por medio de un flujo de potencia determinístico utilizando el método de flujos de potencia Newton Raphson, de esta solución también se determinan las variables de estado \bar{z} y el jacobiano K , dependiente de estas mismas variables de estado.
2. Calcular la matriz de covarianzas \hat{x} utilizando la ecuación 2.33. La matriz J es el jacobiano evaluado en la última iteración del flujo de potencia Newton Raphson.
3. Calcular la matriz de covarianzas \hat{z} utilizando la ecuación 2.35.
4. La diagonales de la matrices de covarianzas \bar{x} y \bar{z} son los valores que se necesitan para el flujo de potencia, porque son las desviaciones σ_x y σ_z que permiten obtener los intervalos de confianza.
5. Calcular el rango de variación de las variables de estado \bar{x} y \bar{z}



2.7 Flujo de potencia estocástico, desacoplado rápido.

En el capítulo anterior se mencionó acerca de este método para la resolución de flujos de potencia, es un modelo simplificado de Newton Raphson, por medio de una matriz diagonal en bloque, desacopla potencia activa y ángulos, potencia reactiva y magnitudes de voltajes, los requisitos de programación para esta metodología se reducen considerablemente [5].

$$\begin{bmatrix} \Delta P \\ \Delta Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} J_1 & 0 \\ 0 & J_4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta \delta \\ \Delta |V| \end{bmatrix}$$

Donde

$$D = \begin{bmatrix} J_1 & 0 \\ 0 & J_4 \end{bmatrix}$$

$$D = \begin{bmatrix} B' & 0 \\ 0 & B'' \end{bmatrix}$$

$$Cov(\hat{x}) = (D^T V^{-1} D)^{-1} (6)$$

Ecuación 2.54. Matriz de covarianzas de las variables de estado, desacoplado rápido

Para los parámetros de salida z, del jacobiano K se pueden desacoplar.

$$z = [K' \quad K''] \begin{bmatrix} \Delta \theta \\ \Delta V \end{bmatrix}$$

Ecuación 2.55. Desacoplamiento de las variables de salida

$$Cov(\hat{x}) = \begin{bmatrix} (B'^T V_\theta^{-1} B') & 0 \\ 0 & B''^T V_V^{-1} B'' \end{bmatrix}^{-1}$$

Ecuación 2.56. Matriz de covarianzas de las variables de estado, desacoplado rápido

En la formación de la matriz K se pueden considerar desacoplamiento para resolverlo, comenzando desde que la potencia nodal es igual a la suma de los flujos de potencia que están conectados a ese nodo:

$$S_j = \sum_{j=1} S_{ij}$$

Ecuación 2.57. Suma de los flujos de potencia a un nodo.

$$S = P + jQ$$

$$\frac{\partial P_{ij}}{\partial \delta_i} = -\frac{\partial P_{ij}}{\partial \delta_j}$$

$$\frac{\partial Q_{ij}}{\partial V_i} \cong \frac{\partial Q_{ij}}{\partial V_j}$$

Para la potencia activa:

$$K'_{pij} = \begin{bmatrix} 0 & \frac{\partial P_{ij}}{\partial \delta_i} & 0 & \frac{\partial P_{ij}}{\partial \delta_j} & 0 \end{bmatrix}$$

$$K'_{pij} = [0 \quad B'_{ij} \quad 0 \quad -B'_{ij} \quad 0]$$

Ecuación 2.58. Elementos de jacobiano K , potencia activa, desacoplado rápido.

Mientras que la potencia reactiva.

$$K''_{qij} = \begin{bmatrix} 0 & \frac{\partial Q_{ij}}{\partial V_i} & 0 & \frac{\partial Q_{ij}}{\partial V_j} & 0 \end{bmatrix}$$

$$K''_{qij} = [0 \quad B''_{ij} \quad 0 \quad B''_{ij} \quad 0]$$

Ecuación 2.59. Elementos de jacobiano K , potencia activa, desacoplado rápido.

la matriz de covarianzas K de los parámetros de salida se expresa por medio de la ecuación 2.60.

$$Cov(\hat{z}) = KCov(\hat{x})K^T$$

Ecuación 2.60. Matriz de covarianzas de las variables de salida, desacoplado rápido.

Aplicando desacoples a la ecuación 2.60:

$$Cov(\hat{z}) = \begin{bmatrix} K' Cov(\hat{x}) K'^T & 0 \\ 0 & K'' Cov(\hat{x}) K''^T \end{bmatrix}$$

$$Cov(\hat{z}) = \begin{bmatrix} K'(B'^T V_\theta^{-1} B') K'^T & 0 \\ 0 & K''(B''^T V_V^{-1} B'') K''^T \end{bmatrix}$$

Ecuación 2.61. Matriz de covarianzas de las variables de salida, desacoplado rápido.

La metodología propuesta en este capítulo se puede adaptar a otro método convencional de solución de flujo de potencia, cabe recalcar que las mejores estimaciones de un flujo de potencia estocástico se obtienen utilizando el método Newton Raphson completo.

2.8 Ejemplo de la metodología aplicada

Se realizó un ejemplo en un sistema de cuatro barras, para entender de mejor manera la metodología aplicada.

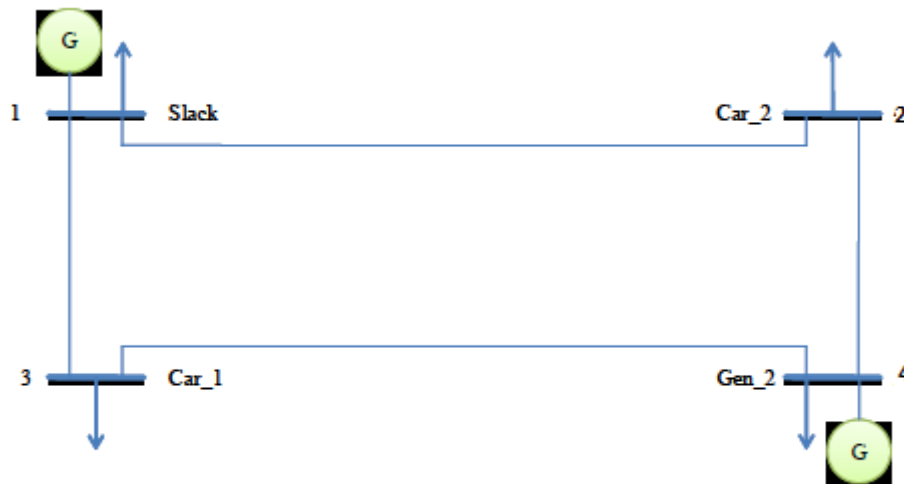


Figura 2.1. Sistema de 4 barras Stevenson (obtenido de la referencia [5]).

Datos nodales

Tabla 2.2. Datos nodales, Sistema de 4 barras.

Nodo	Generacion		Carga		Voltaje[p.u]	Angulo[°]	Barra
	P[MW]	Q[MW]	P[MW]	Q[MW]			
1	-	-	0	0	1	0	SLACK
2	0	0	170	105,35	-	-	PQ
3	0	0	200	123,94	-	-	PQ
4	318	-	80	49,58	1,02	-	PV

Elementos de transmisión

Tabla 2.3. Elementos de transmisión, Sistema de 4 barras.

Líneas de transmisión		R[p.u]	XL[p.u]	B/2
1	2	0,01008	0,0504	0,05125
1	3	0,00744	0,0372	0,03875
2	4	0,00744	0,0372	0,03875
3	4	0,01272	0,0636	0,06375

Resolución de un flujo de potencia mediante Newton Raphson completo

Tabla 2.4. Resolución de flujos de potencia. Barras.

Nodo	Generacion		Carga		Voltaje[p.u.]	Angulo[°]	Barra
	P[MW]	Q[MW]	P[MW]	Q[MW]			
1	186,81	114,50	0	0	1	0	SLACK
2	0	0	170	105,35	0,982	-0,976	PQ
3	0	0	200	123,94	0,969	-1,872	PQ
4	318	181,43	80	49,58	1,02	1,523	PV

Tabla 2.5. Resolución de flujos de potencia. Elementos de transmisión.

Líneas de transmisión		P[MW]	Q[MW]
1	2	38,69	22,3
1	3	98,12	61,21
2	4	-131,54	-74,11
3	4	-102,91	-60,37

La base del sistema es de 100 MVA.

Desviaciones estándar de la potencia activa y reactiva (carga)

Se determina la desviación estándar de potencia activa y reactiva de cada una de las cargas, a continuación se muestra un ejemplo de cálculo en la barra 3 (Todas las cargas se encuentran en el sistema p.u).

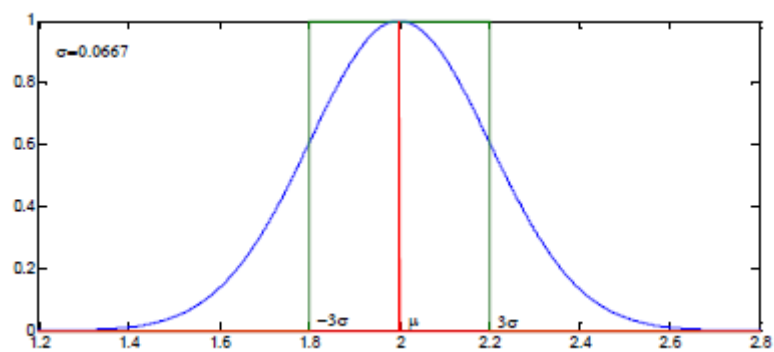


Figura 2.2. Representación de la desviación estándar de la potencia activa de la barra 3 mediante una distribución normal.

Se consideró para toda las cargas que hay una desviación estándar del 10% de su valor medio, para el caso específico de la barra 3, la potencia activa puede aumentar o disminuir en ese porcentaje, tal como lo muestra la figura 2.2. Hay que mencionar que esta desviación equivale a 3σ .

$$2.2 = 2 + 3\sigma_{P3}$$

$$\sigma_{P3} = \frac{2.2 - 2}{3} = 0,0667[p.u]$$

De la misma forma se lo realiza para las otras cargas, los resultados se muestran en la tabla 2.6

Tabla 2.6. Desviación estándar de las cargas.

Nodo	$\sigma_{P_i}[p.u]$	$\sigma_{Q_i}[p.u]$
2	0,0567	0,0351
3	0,0667	0,0413
4	0,0267	0,0165

Con los valores de las desviaciones estándar, se encuentran las varianzas, los resultados se muestran en la tabla 2.7.

Tabla 2.7. Varianzas de las cargas.

Nodo	$\sigma_{P_i}^2$	$\sigma_{Q_i}^2$
2	0,0032	0,0012
3	0,0044	0,0017
4	0,0007	0,0003

Estos valores son ingresados en la diagonal de la matriz V

$$V = \begin{bmatrix} \sigma_{P2}^2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \sigma_{P3}^2 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \sigma_{P4}^2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \sigma_{Q2}^2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \sigma_{Q3}^2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \sigma_{Q4}^2 \end{bmatrix}$$

Tal como se mencionó anteriormente, las variaciones de las barras son independientes, por eso los elementos no diagonales son cero.

Desviación estándar de los voltajes de generación

De igual manera se mencionó que se puede considerar variaciones en los voltajes de generación, en este caso se considera que hay una variación del 0.5% de la magnitud de voltaje en la barra 4.

$$\sigma_{V4} = 0,005 * V_4^2 = 0,00502$$

Este valor es ingresado en la matriz V , y es remplazado por la desviación estándar de la potencia reactiva de la barra 4.

$$V = \begin{bmatrix} \sigma_{P_2}^2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \sigma_{P_3}^2 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \sigma_{P_4}^2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \sigma_{Q_2}^2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \sigma_{Q_3}^2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \sigma_{V_4}^2 \end{bmatrix}$$

$$V = \begin{bmatrix} 0,0032 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0,0044 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0,0007 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0,0012 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0,0017 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0,000025 \end{bmatrix}$$

Cálculos de los jacobianos J y K

Definida la estadística de la matriz V , se puede determinar las matrices de covarianzas de las variables de estado y flujos de potencia activa y reactiva.

Se necesita el jacobiano de la última iteración donde el flujo de potencia convencional tuvo convergencia.

$$J = \begin{bmatrix} \begin{bmatrix} \frac{\partial P_2}{\partial \delta_2} & \frac{\partial P_2}{\partial \delta_3} & \frac{\partial P_2}{\partial \delta_4} \\ \frac{\partial P_3}{\partial \delta_2} & \frac{\partial P_3}{\partial \delta_3} & \frac{\partial P_3}{\partial \delta_4} \\ \frac{\partial P_4}{\partial \delta_2} & \frac{\partial P_4}{\partial \delta_3} & \frac{\partial P_4}{\partial \delta_4} \end{bmatrix} & \begin{bmatrix} \frac{\partial P_2}{\partial V_2} & \frac{\partial P_2}{\partial V_3} & \frac{\partial P_2}{\partial V_4} \\ \frac{\partial P_3}{\partial V_2} & \frac{\partial P_3}{\partial V_3} & \frac{\partial P_3}{\partial V_4} \\ \frac{\partial P_4}{\partial V_2} & \frac{\partial P_4}{\partial V_3} & \frac{\partial P_4}{\partial V_4} \end{bmatrix} \\ \begin{bmatrix} \frac{\partial Q_2}{\partial \delta_2} & \frac{\partial Q_2}{\partial \delta_3} & \frac{\partial Q_2}{\partial \delta_4} \\ \frac{\partial Q_3}{\partial \delta_2} & \frac{\partial Q_3}{\partial \delta_3} & \frac{\partial Q_3}{\partial \delta_4} \\ \frac{\partial V_4^2}{\partial \delta_2} & \frac{\partial V_4^2}{\partial \delta_3} & \frac{\partial V_4^2}{\partial \delta_4} \end{bmatrix} & \begin{bmatrix} \frac{\partial Q_2}{\partial V_2} & \frac{\partial Q_2}{\partial V_3} & \frac{\partial Q_2}{\partial V_4} \\ \frac{\partial Q_3}{\partial V_2} & \frac{\partial Q_3}{\partial V_3} & \frac{\partial Q_3}{\partial V_4} \\ \frac{\partial V_4^2}{\partial V_2} & \frac{\partial V_4^2}{\partial V_3} & \frac{\partial V_4^2}{\partial V_4} \end{bmatrix} \end{bmatrix}$$

$$J = \begin{bmatrix} \begin{bmatrix} 44,32 & 0 & -25,6508 \\ 0 & 39,6093 & -14,6397 \\ -26,1025 & -15,0937 & 41,1962 \end{bmatrix} & \begin{bmatrix} 7,0968 & 0 & -6,1811 \\ 0 & 5,8753 & -3,7925 \\ -4,1183 & -2,1655 & 10,6905 \end{bmatrix} \\ \begin{bmatrix} -10,3721 & 0 & 6,3048 \\ 0 & -9,6932 & 3,8683 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} & \begin{bmatrix} 42,9754 & 0 & -25,1478 \\ 0 & 38,3182 & -14,4507 \\ 0 & 0 & 2,04 \end{bmatrix} \end{bmatrix}$$

$$K = \begin{bmatrix} [K1] & [K2] \\ [K3] & [K4] \\ [K5] & [K6] \end{bmatrix}$$

$$K = \begin{bmatrix} \begin{bmatrix} \frac{\partial P_1}{\partial \delta_2} & \frac{\partial P_1}{\partial \delta_3} & \frac{\partial P_1}{\partial \delta_4} \\ \frac{\partial Q_1}{\partial \delta_2} & \frac{\partial Q_1}{\partial \delta_3} & \frac{\partial Q_1}{\partial \delta_4} \\ \frac{\partial Q_4}{\partial \delta_2} & \frac{\partial Q_4}{\partial \delta_3} & \frac{\partial Q_4}{\partial \delta_4} \\ \frac{\partial P_{12}}{\partial \delta_2} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{\partial P_{13}}{\partial \delta_3} & 0 \\ \frac{\partial P_{24}}{\partial \delta_2} & 0 & \frac{\partial P_{24}}{\partial \delta_4} \\ 0 & \frac{\partial P_{34}}{\partial \delta_3} & \frac{\partial P_{34}}{\partial \delta_4} \end{bmatrix} & \begin{bmatrix} \frac{\partial P_1}{\partial V_2} & \frac{\partial P_1}{\partial V_3} & \frac{\partial P_1}{\partial V_4} \\ \frac{\partial Q_1}{\partial V_2} & \frac{\partial Q_1}{\partial V_3} & \frac{\partial Q_1}{\partial V_4} \\ \frac{\partial Q_4}{\partial V_2} & \frac{\partial Q_4}{\partial V_3} & \frac{\partial Q_4}{\partial V_4} \\ \frac{\partial P_{12}}{\partial V_2} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{\partial P_{13}}{\partial V_3} & 0 \\ \frac{\partial P_{24}}{\partial V_2} & 0 & \frac{\partial P_{24}}{\partial V_4} \\ 0 & \frac{\partial P_{34}}{\partial V_3} & \frac{\partial P_{34}}{\partial V_4} \end{bmatrix} \\ \begin{bmatrix} \frac{\partial Q_{12}}{\partial \delta_2} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{\partial Q_{13}}{\partial \delta_3} & 0 \\ \frac{\partial Q_{24}}{\partial \delta_2} & 0 & \frac{\partial Q_{24}}{\partial \delta_4} \\ 0 & \frac{\partial Q_{34}}{\partial \delta_3} & \frac{\partial Q_{34}}{\partial \delta_4} \end{bmatrix} & \begin{bmatrix} \frac{\partial Q_{12}}{\partial V_2} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{\partial Q_{13}}{\partial V_3} & 0 \\ \frac{\partial Q_{24}}{\partial V_2} & 0 & \frac{\partial Q_{24}}{\partial V_4} \\ 0 & \frac{\partial Q_{34}}{\partial V_3} & \frac{\partial Q_{34}}{\partial V_4} \end{bmatrix} \end{bmatrix}$$

$$K = \begin{bmatrix} \begin{bmatrix} -18,8039 & -25,1969 & 0 \\ 3,4287 & 4,1884 & 0 \\ 4,0459 & 2,0984 & -6,1443 \end{bmatrix} & \begin{bmatrix} -3,4901 & -4,3224 & 0 \\ -19,1404 & -26,0029 & 0 \\ -26,5696 & -15,5765 & 42,9738 \end{bmatrix} \\ \begin{bmatrix} -18,7527 & 0 & 0 \\ 0 & -25,1582 & 0 \\ 25,6134 & 0 & -25,61 \\ 0 & 14,6798 & -14,6798 \end{bmatrix} & \begin{bmatrix} -3,4901 & 0 & 0 \\ 0 & -4,3224 & 0 \\ 3,6505 & 0 & -6,1811 \\ 0 & 1,771 & -3,7925 \end{bmatrix} \\ \begin{bmatrix} 3,4287 & 0 & 0 \\ 0 & 4,1884 & 0 \\ -6,3048 & 0 & 6,3048 \\ 0 & -3,8683 & 3,8683 \end{bmatrix} & \begin{bmatrix} -19,0882 & 0 & 0 \\ 0 & -25,9629 & 0 \\ 24,5629 & 0 & -25,112 \\ 0 & 13,9034 & -14,3920 \end{bmatrix} \end{bmatrix}$$

Matrices de covarianzas \hat{x} y \hat{z}

Establecidos los jacobianos J y K y la matriz estadística V , se determina la matriz de covarianzas \hat{x} y \hat{z} mediante las ecuaciones 2.33 y 2.35

$$cov(\hat{x}) = (J^t V^{-1} J)^{-1}$$

$$Cov(\hat{z}) = K^T cov(\hat{x}) K$$

De las matrices de covarianzas \hat{x} y \hat{z} , los valores que interesan son sus diagonales, aplicando la ecuación 2.5 y 2.56:

$$\sigma_x^2 = diag(cov(\hat{x}))$$

$$\sigma_z^2 = diag(cov(\hat{z}))$$

Obteniendo la raíz cuadrada de estos valores, se determina las desviaciones estándar de las variables de estado y de los parámetros de salida (potencia activa y reactiva de elementos de transmisión, potencia de la barra oscilante y potencia reactiva de generadores), los resultados se muestran en las tablas 2.8, 2.9 y 2.10.

Tabla 2.8. Desviaciones estándar de las variables de estado.

Nodo	$\sigma_\delta [^\circ]$	$\sigma_V [p. u.]$
2	0,1394	0,0017
3	0,1282	0,0015
4	0,1448	0,0025

Tabla 2.9. Desviaciones estándar de los elementos de transmisión.

L/T		$\sigma_P [MW]$	$\sigma_Q [MVAR]$
1	2	0,2127	0,1164
1	3	0,3317	0,1478
2	4	0,0602	0,1289
3	4	0,1164	0,0081

Tabla 2.10. Desviaciones estándar de la potencia activa de la barra oscilante y potencia reactiva de los generadores.

Nodo	$\sigma_P [MW]$	$\sigma_Q [MVAR]$
1	0,8584	0,4265
2		0,4024

Intervalos de confianza

Obtenidas las desviaciones estándar, se procede a determinar los intervalos de confianza de las variables eléctricas, aplicando la ecuación 2.57 y 2.58. Hay que mencionar que en un flujo de potencia estocástico, el valor medio (\bar{x} , \bar{z}) es aquel que fue determinado por un flujo de potencia convencional. Los resultados se muestran en la tabla 2.11, 2.12 y 2.13, 2.14 y 2.15.

$$\hat{x} = \bar{x} \pm 3\sigma_x$$

$$\hat{z} = \bar{z} \pm 3\sigma_z$$

Tabla 2.11. Intervalos de confianza de las variables de estado.

$\delta [^\circ]$	$\bar{x} - 3\sigma_\delta$	\bar{x}	$\bar{x} + 3\sigma_\delta$
δ_2	0,558	0,976	1,3942
δ_3	-2,257	-1,872	-1,4874
δ_4	1,089	1,523	1,9574

Tabla 2.12. Intervalos de confianza de las variables de estado.

$V[p.u]$	$\bar{x} - 3\sigma_V$	\bar{x}	$\bar{x} + 3\sigma_V$
V_2	0,977	0,982	0,9871
V_3	0,965	0,969	0,9735
V_4	1,013	1,02	1,0275

Tabla 2.13. Intervalos de confianza de potencia activa, elementos de transmisión.

P[MW]		$\bar{z} - 3\sigma_p$	\bar{z}	$\bar{z} + 3\sigma_p$
1	2	38,0519	38,69	39,3281
1	3	97,1249	98,12	99,1151
2	4	-131,7206	-131,54	-131,3594
3	4	-103,2592	-102,91	-102,5608

Tabla 2.14. Intervalos de confianza de potencia activa, elementos de transmisión.

Q[MVAR]		$\bar{z} - 3\sigma_Q$	\bar{z}	$\bar{z} + 3\sigma_Q$
1	2	21,9508	22,3	22,6492
1	3	60,7666	61,21	61,6534
2	4	-74,4967	-74,11	-73,7233
3	4	-60,3943	-60,37	-60,3457

Tabla 2.15. Intervalos de confianza de potencia activa barra oscilante y potencia reactiva de generadores

Nodo	P[MW]			Q[MVAR]		
	$\bar{z} - 3\sigma_p$	\bar{z}	$\bar{z} + 3\sigma_p$	$\bar{z} - 3\sigma_Q$	\bar{z}	$\bar{z} + 3\sigma_Q$
1	184,2348	186,81	184,235	113,221	114,5	115,7795
2				180,223	181,43	182,6372

3. RESULTADOS DEL FLUJO DE POTENCIA ESTOCÁSTICO.

En este capítulo se muestran los resultados que se obtuvieron aplicando la metodología en el capítulo anterior. Para validar la metodología aplicada, se contrasto los resultados con un proyecto de titulación realizado por el Ing. Raúl Guijarro [4], a su vez este proyecto anterior fue contrastado con la simulación de Montecarlo. En la tabla 3.1 se muestra los resultados de un flujo de potencia estocástico en un sistema de 14 barras. Hay que mencionar que este flujo de potencia estocástico fue actualizado mediante la herramienta de Matlab y fue utilizado para una aplicación en la planificación de corto plazo, donde la problemática era que de manera simplificada se realizan validaciones eléctricas en tres periodos del día para representar a todas las validaciones eléctricas de un día y que esto podía a llevar resultados no consistentes, tal como se muestra en el capítulo 4.

Tabla 3.1. Voltajes, valor medio y su desviación estándar, sistema de 14 barras.

Desviación estándar de la carga a un 6% respecto a su valor medio								
	Sistema de comparación.		Proyecto de la referencia [4]		Sistema de comparación.		Proyecto de la referencia [4]	
Barras	Valor medio	σ	Valor medio	σ	Valor medio	σ	Valor medio	σ
	Magnitud de voltaje (p.u)				Angulo de voltaje (°C)			
2	1,045	0,000	1,045	0,000	-5,0	0,2	-5,0	0,2
3	1,010	0,000	1,010	0,000	-12,7	0,6	-12,7	0,6
4	1,018	0,001	1,018	0,001	-10,3	0,3	-10,3	0,3
5	1,020	0,001	1,020	0,001	-8,8	0,3	-8,8	0,3
6	1,070	0,000	1,070	0,000	-14,2	0,3	-14,2	0,3
7	1,062	0,001	1,062	0,001	-13,4	0,4	-13,4	0,4
8	1,090	0,000	1,090	0,000	-13,4	0,4	-13,4	0,4
9	1,056	0,001	1,056	0,001	-14,9	0,4	-14,9	0,4
10	1,051	0,001	1,051	0,001	-15,1	0,4	-15,1	0,4
11	1,057	0,001	1,057	0,000	-14,8	0,4	-14,8	0,4
12	1,055	0,000	1,055	0,000	-15,1	0,4	-15,1	0,4
13	1,050	0,001	1,050	0,001	-15,2	0,4	-15,2	0,4
14	1,036	0,001	1,036	0,001	-16,0	0,4	-16,0	0,4

Tabla 3.2. Potencia activa y reactiva en L/T, valor medio y su desviación estándar, sistema de 14 barras.

Desviación estándar del 6% de la carga con respecto al valor medio									
L/T		Sistema de comparación.		Proyecto de la referencia [4]		Sistema de comparación.		Proyecto de la referencia [4]	
		Valor medio	σ	Valor medio	σ	Valor medio	σ	Valor medio	σ
Desde	Hasta	Potencia activa en L/T (MW)				Potencia reactiva en L/T (MVAR)			
1	2	156,88	5,65	156,83	5,62	-20,40	1,32	-20,39	1,32
1	5	75,51	2,14	75,55	2,15	3,85	0,17	3,50	0,17
2	3	73,24	3,36	73,19	3,38	3,56	0,33	3,57	0,34
2	4	56,13	1,43	56,14	1,44	-1,55	0,22	-2,29	0,22
2	5	41,52	0,93	41,51	0,93	1,17	0,14	0,76	0,14
3	4	-23,29	2,59	23,33	2,60	4,47	1,19	2,81	1,19
4	5	-61,16	2,30	-61,22	2,30	15,82	0,75	15,67	0,75
4	7	28,07	0,91	28,09	0,93	-9,68	0,24	9,42	0,25
4	9	16,08	0,51	16,09	0,53	-0,43	0,19	-0,32	0,21
5	6	44,09	0,96	44,06	1,04	12,47	0,19	12,82	0,21
6	11	7,35	0,43	7,34	0,43	3,56	0,28	3,47	0,30
6	12	7,79	0,27	7,78	0,26	2,50	0,10	2,49	0,10
6	13	17,75	0,62	17,74	0,62	7,22	0,31	7,16	0,32
7	8	0,00	0,00	0,00	0,00	-17,16	0,43	-16,91	0,44
7	9	28,07	0,93	28,09	0,93	5,78	0,56	5,79	0,60
9	10	5,23	0,56	5,24	0,55	4,22	0,33	4,31	0,34
9	14	9,43	0,63	9,44	0,63	3,61	0,23	3,65	0,21
10	11	-3,79	0,43	3,77	0,42	-1,62	0,27	-1,53	0,28
12	13	1,61	0,22	1,61	0,22	0,75	0,09	0,74	0,09
13	14	5,64	0,47	5,63	0,47	1,75	0,22	1,68	0,25

Tabla 3.3. Potencia activa (barra oscilante) y Potencia reactiva en los generadores, valor medio y su desviación estándar, sistema de 14 barras.

Desviación estándar del 6% de la carga con respecto al valor medio								
Barra	Potencia activa oscilante (MW)				Potencia reactiva de generadores(MVAR)			
	Sistema de comparación.		Proyecto de la referencia [4]		Sistema de comparación.		Proyecto de la referencia [4]	
	Valor medio	σ	Valor medio	σ	Valor medio	σ	Valor medio	σ
1	232,39	7,78	232,38	7,74	-16,55	1,34	-16,89	1,33
2					30,86	2,00	29,7	1,99
3					6,08	2,40	4,39	2,4
6					5,23	0,75	4,73	0,81
8					17,62	0,45	17,35	0,47

Al hacer las comparaciones con la referencia [4], se pudo notar que en los valores medio la potencia activa y reactiva hay una ligera diferencia, esto ocurre porque no se están mostrando todos los decimales que se utilizaron para la simulación, en un flujo de potencia es necesario utilizar la mayor cantidad de decimales posibles para tener una mejor precisión en los resultados.

3.1 Funcionamiento de la herramienta de software.

En la misma red de prueba de 14 barras, se comprobó el funcionamiento del flujo de potencia estocástico, este sistema eléctrico representa una porción del sistema eléctrico de potencia americano (Medio Oeste de EE.UU), posee 4 generadores, 20 líneas de transmisión, es un sistema donde se puede observar de mejor manera la metodología aplicada.

Los datos de entrada (potencia activa y reactiva de carga) son ingresadas mediante una base de datos en un archivo m-file de Matlab en el sistema p.u como se muestra en la tabla 3.4.

Tabla 3.4. Potencia activa y reactiva de carga

Barra	PL[p.u]	QL[p.u]
1	0,000	0,000
2	0,217	0,127
3	0,942	0,190
4	0,478	-0,039
5	0,076	0,016
6	0,112	0,075
7	0,000	0,000
8	0,000	0,000
9	0,295	0,166
10	0,090	0,058
11	0,035	0,018
12	0,061	0,016
13	0,135	0,058
14	0,149	0,050

3.1.1 Desviación estándar

Se utilizaron los datos de entrada de la tabla 3.4, como valores medio, y se consideró una medida de dispersión del 10 % respecto a dicho valor medio que equivale a 3σ en la carga, tanto potencia activa como reactiva. Debido a que la demanda es una variable en cada instante de tiempo, se puede obtener datos históricos u observaciones e ir almacenándolas, como el tamaño de la muestra es grande, se puede decir que en base al teorema del límite central la distribución de la media sigue aproximadamente una

distribución normal [3] [5] como se observa en la figura 3.1. Los valores de las desviaciones estándar se muestran en la tabla 3.5.

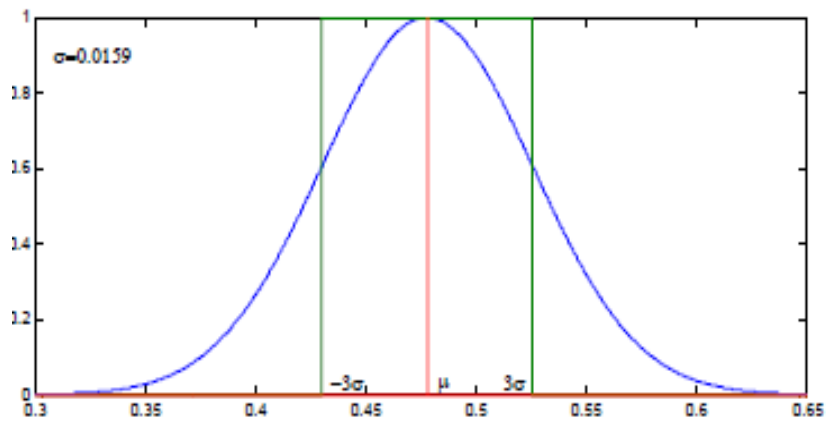


Figura 3.1 Distribución normal de la carga de la barra 4 [obtenido de la referencia [5]].

A continuación se muestra un ejemplo de cómo se obtiene la desviación estándar de la potencia activa en la barra 4.

$$0.5225 = 0.475 + 3\sigma$$

$$\sigma = \frac{0.5225 - 0.4750}{3} = 0.0159[p.u]$$

Tabla 3.5. Desviación estándar Potencia activa y reactiva de carga

Barra	$\sigma_{P_i}[p.u]$	$\sigma_{Q_i}[p.u]$
1	0,0000	0,0000
2	0,0072	0,0042
3	0,0314	0,0063
4	0,0159	-0,0013
5	0,0025	0,0005
6	0,0037	0,0025
7	0,0000	0,0000
8	0,0000	0,0000
9	0,0098	0,0055
10	0,0030	0,0019
11	0,0012	0,0006
12	0,0020	0,0005
13	0,0045	0,0019
14	0,0050	0,0017

3.1.2 Varianzas

Con las desviaciones estándar de la tabla 3.5, en base a la ecuación 1.15, la varianza es el cuadrado de la desviación estándar, los resultados se muestran en la tabla 3.6, estos valores se ingresaran en la diagonal de la matriz V (los elementos fuera de la diagonal son cero).

Tabla 3.6. Varianza de la Potencia activa y reactiva de carga

Barra	$\sigma_{p_l}^2$	$\sigma_{q_l}^2$
1	0,0000	0,0000
2	0,0001	0,0000
3	0,0010	0,0000
4	0,0003	0,0000
5	0,0000	0,0000
6	0,0000	0,0000
7	0,0000	0,0000
8	0,0000	0,0000
9	0,0001	0,0000
10	0,0000	0,0000
11	0,0000	0,0000
12	0,0000	0,0000
13	0,0000	0,0000
14	0,0000	0,0000

3.1.3 Variables de estado y variables de salida

Con el programa de flujos de potencia MATPOWER, mediante la función runpf, se obtiene el valor esperado de las variables de estado \hat{x} y las variables de salida \hat{z} . En la tabla 3.7 y 3.8 se muestran los resultados:

Tabla 3.7. Valores de voltaje determinados por MATPOWER.

Barra	$ V $ [p.u]	θ°
2	1,045	-4,98
3	1,01	-12,73
4	1,018	-10,31
5	1,02	-8,77
6	1,07	-14,22
7	1,062	-13,36
8	1,09	-13,36
9	1,056	-14,94
10	1,051	-15,10
11	1,057	-14,79

12	1,055	-15,08
13	1,05	-15,16
14	1,036	-16,03

Tabla 3.8. Valores de potencia activa y reactiva de líneas de transmisión determinados por MATPOWER.

Desde	Hasta	P[MW]	Q[MW]
1	2	156,88	-20,4
1	5	75,51	3,85
2	3	73,24	3,56
2	4	56,13	-1,55
2	5	41,52	1,17
3	4	-23,29	4,47
4	5	-61,16	15,82
4	7	28,07	-9,68
4	9	16,08	-0,43
5	6	44,09	12,47
6	11	7,35	3,56
6	12	7,79	2,5
6	13	17,75	7,22
7	8	0	-17,16
7	9	28,07	5,78
9	10	5,23	4,22
9	14	9,43	3,61
10	11	-3,79	-1,62
12	13	1,61	0,75
13	14	5,64	1,75

3.1.4 Desviaciones estándar de las variables \hat{x} y las variables de salida \hat{z}

Luego de obtener los valores calculados de las variables de estado y salida, el programa de flujos de potencia MATPOWER se enlaza con la formulación estocástica, determinando la matriz de covarianzas de las variables de estado, este enlace también se encarga de determinar el jacobiano K para las variables de salida y obtener su matriz de covarianzas. De cada una de estas matrices se obtiene su diagonal, estos valores son las varianzas de las variables de estado y salida, para luego finalmente obtener sus medidas de dispersión o desviaciones estándar. Los resultados se muestran en la tabla 3.9, 3.10, 3.11 y 3.12.

Tabla 3.8. Desviación estándar de la magnitud y ángulo de voltaje.

Barra	$\sigma_{\theta} [^{\circ}]$	$\sigma_V [p.u]$
2	0,1	0,000
3	0,3	0,000
4	0,2	0,000
5	0,1	0,000
6	0,2	0,000
7	0,2	0,000
8	0,2	0,000
9	0,2	0,001
10	0,2	0,001
11	0,2	0,000
12	0,2	0,000
13	0,2	0,000
14	0,2	0,001

Tabla 3.9. Desviación estándar de potencia activa y reactiva en L/T.

Desde	Hasta	$\sigma_P [MW]$	$\sigma_Q [MVAR]$
1	2	3,139	0,735
1	5	1,189	0,094
2	3	1,869	0,184
2	4	0,796	0,120
2	5	0,518	0,077
3	4	1,439	0,659
4	5	1,280	0,414
4	7	0,506	0,131
4	9	0,286	0,106
5	6	0,535	0,106
6	11	0,240	0,158
6	12	0,148	0,057
6	13	0,346	0,172
7	8	0,000	0,237
7	9	0,517	0,314
9	10	0,310	0,185
9	14	0,350	0,129
10	11	0,236	0,152
12	13	0,124	0,050
13	14	0,264	0,120

Tabla 3.10. Desviación estándar de potencia activa en la barra oscilante.

Barra	$\sigma_P [MW]$
1	4,32

Tabla 3.11. Desviación estándar de potencia activa de los generadores.

Barra	$\sigma_Q [MVAR]$
1	0,75
2	1,11
3	1,34
6	0,42
8	0,25

3.1.5 Límites de confianza

Con las desviaciones estándar, se aplican las ecuaciones 2.52 y 2.53, y se obtiene los límites de confianza en las variables de estado (magnitud y ángulo de voltaje), variables de salida (potencia activa y reactiva en líneas de transmisión), potencia de la barra oscilante y potencia reactiva de los generadores. En algunas barras, las magnitudes de voltajes son de igual valor que los límites de confianza, estas barras corresponden a los nodos de voltaje controlado, para esta prueba se consideró que no hay variación en los mismos.

Tabla 3.12. Límites de confianza de voltajes de barra.

Barras	Voltaje [p.u]			Ángulos [°]		
	Valor medio	Lim inf	Lim sup	Valor medio	Lim inf	Lim sup
2	1,0450	1,0450	1,0450	-4,98	-5,29	-4,67
3	1,0100	1,0100	1,0100	-12,73	-13,65	-11,80
4	1,0177	1,0166	1,0188	-10,31	-10,84	-9,78
5	1,0195	1,0186	1,0204	-8,77	-9,21	-8,34
6	1,0700	1,0700	1,0700	-14,22	-14,80	-13,64
7	1,0615	1,0608	1,0623	-13,36	-13,96	-12,76
8	1,0900	1,0900	1,0900	-13,36	-13,96	-12,76
9	1,0559	1,0550	1,0569	-14,94	-15,59	-14,28
10	1,0510	1,0501	1,0519	-15,10	-15,74	-14,45
11	1,0569	1,0564	1,0574	-14,79	-15,40	-14,18
12	1,0552	1,0546	1,0558	-15,08	-15,68	-14,47
13	1,0504	1,0496	1,0511	-15,16	-15,78	-14,54
14	1,0355	1,0340	1,0371	-16,03	-16,71	-15,36

Tabla 3.13. Límites de confianza de potencia activa y reactiva en elementos de transmisión.

L/T		P[MW]			Q[MW]		
Desde	Hasta	Valor medio	Lim inf	Lim sup	Valor medio	Lim inf	Lim sup
1	2	156,88	147,47	166,30	-20,40	-22,61	-18,20
1	5	75,51	71,94	79,08	3,85	3,57	4,14
2	3	73,24	67,63	78,84	3,56	3,01	4,11
2	4	56,13	53,74	58,52	-1,55	-1,91	-1,19
2	5	41,52	39,96	43,07	1,17	0,94	1,40
3	4	-23,29	-27,60	-18,97	4,47	2,50	6,45
4	5	-61,16	-65,00	-57,32	15,82	14,58	17,07
4	7	28,07	26,56	29,59	-9,68	-10,07	-9,29
4	9	16,08	15,22	16,94	-0,43	-0,74	-0,11
5	6	44,09	42,48	45,69	12,47	12,15	12,79
6	11	7,35	6,63	8,07	3,56	3,09	4,03
6	12	7,79	7,34	8,23	2,50	2,33	2,67
6	13	17,75	16,71	18,79	7,22	6,70	7,73
7	8	0,00	0,00	0,00	-17,16	-17,87	-16,45
7	9	28,07	26,52	29,63	5,78	4,84	6,72
9	10	5,23	4,30	6,16	4,22	3,66	4,77
9	14	9,43	8,38	10,48	3,61	3,22	4,00
10	11	-3,79	-4,49	-3,08	-1,62	-2,07	-1,16
12	13	1,61	1,24	1,99	0,75	0,60	0,90
13	14	5,64	4,85	6,43	1,75	1,39	2,11

Tabla 3.14. Límites de confianza de potencia activa oscilante y potencia reactiva en generadores.

Barra	P [MW]			Q[MVAR]		
	Valor medio	Lim inf	Lim sup	Valor medio	Lim inf	Lim sup
1	232,39	219,43	245,35	-16,55	-18,78	-14,31
2				30,86	27,53	34,19
3				6,08	2,07	10,08
6				5,23	3,98	6,49
8				17,62	16,87	18,37

3.2 Flujos de potencia estocástica considerando aumento de las desviaciones estándar de la carga.

Estas pruebas se realizaron con el objetivo de analizar el efecto que tiene el incremento de las variaciones de la carga sobre las desviaciones estándar de las variables de salida. Se utilizaron desviaciones estándar de la carga del 5%, 10%, 15% de sus valores esperados. En las tablas 3.15, 3.16, 3.17, 3.18, 3.19 y 3.20 se muestran los resultados.

Tabla 3.15. Magnitudes de voltaje consideraciones desviaciones estándar de la carga.

Barras	V p.u	σ_V [p.u]		
	Valor medio	5%	10%	15%
2	1,045	0	0	0
3	1,01	0	0	0
4	1,0177	0,0002	0,0004	0,0006
5	1,0195	0,0002	0,0003	0,0005
6	1,07	0	0	0
7	1,0615	0,0002	0,0004	0,0006
8	1,09	0	0	0
9	1,0559	0,0004	0,0007	0,0011
10	1,051	0,0003	0,0006	0,001
11	1,0569	0,0002	0,0004	0,0005
12	1,0552	0,0001	0,0002	0,0004
13	1,0504	0,0002	0,0003	0,0005
14	1,0355	0,0004	0,0008	0,0011

Tabla 3.16. Magnitudes de voltaje consideraciones desviaciones estándar de la carga.

Barras	θ [°]	σ_θ [°]		
	Valor medio	5%	10%	15%
2	-14,1	0,05	0,10	0,16
3	-14,1	0,15	0,31	0,46
4	-10,3	0,09	0,18	0,26
5	-8,8	0,07	0,14	0,22
6	-14,2	0,10	0,19	0,29
7	-13,4	0,10	0,20	0,30
8	-13,4	0,10	0,20	0,30
9	-14,9	0,11	0,22	0,33
10	-15,1	0,11	0,22	0,32
11	-14,8	0,10	0,20	0,31
12	-15,1	0,10	0,20	0,30
13	-15,2	0,10	0,21	0,31

14	-16,0	0,11	0,23	0,34
----	-------	------	------	------

Tabla 3.17. Potencia activa en elementos de transmisión considerando desviaciones estándar de la carga.

Desde	Hasta	P [MW]	σ_P [MW]		
		Valor medio	5%	10%	15%
1	2	156,88	1,57	3,14	4,71
1	5	75,51	0,59	1,19	1,78
2	3	73,24	0,93	1,87	2,80
2	4	56,13	0,40	0,80	1,19
2	5	41,52	0,26	0,52	0,78
3	4	-23,29	0,72	1,44	2,16
4	5	-61,16	0,64	1,28	1,92
4	7	28,07	0,25	0,51	0,76
4	9	16,08	0,14	0,29	0,43
5	6	44,09	0,27	0,53	0,80
6	11	7,35	0,12	0,24	0,36
6	12	7,79	0,07	0,15	0,22
6	13	17,75	0,17	0,35	0,52
7	8	0,00	0,00	0,00	0,00
7	9	28,07	0,26	0,52	0,78
9	10	5,23	0,15	0,31	0,46
9	14	9,43	0,17	0,35	0,52
10	11	-3,79	0,12	0,24	0,35
12	13	1,61	0,06	0,12	0,19
13	14	5,64	0,13	0,26	0,40

Tabla 3.18. Potencia reactiva en elementos de transmisión considerando desviaciones estándar de la carga.

Desde	Hasta	Q [MVAR]	σ_Q [MVAR]		
		Valor medio	5%	10%	15%
1	2	-20,40	0,37	0,73	1,10
1	5	3,85	0,05	0,09	0,14
2	3	3,56	0,09	0,18	0,28
2	4	-1,55	0,06	0,12	0,18
2	5	1,17	0,04	0,08	0,12
3	4	4,47	0,33	0,66	0,99
4	5	15,82	0,21	0,41	0,62
4	7	-9,68	0,07	0,13	0,20
4	9	-0,43	0,05	0,11	0,16
5	6	12,47	0,05	0,11	0,16

6	11	3,56	0,08	0,16	0,24
6	12	2,50	0,03	0,06	0,09
6	13	7,22	0,09	0,17	0,26
7	8	-17,16	0,12	0,24	0,36
7	9	5,78	0,16	0,31	0,47
9	10	4,22	0,09	0,18	0,28
9	14	3,61	0,06	0,13	0,19
10	11	-1,62	0,08	0,15	0,23
12	13	0,75	0,02	0,05	0,07
13	14	1,75	0,06	0,12	0,18

Tabla 3.19. Potencia reactiva en generadores considerando desviaciones estándar de la carga.

Barra	Q [MVAR]	σ_Q [MVAR]		
	Valor medio	5%	10%	15%
1	-16,55	0,37	0,75	1,12
2	30,86	0,56	1,11	1,67
3	6,08	0,67	1,34	2,00
6	5,23	0,21	0,42	0,63
8	17,62	0,12	0,25	0,37

Tabla 3.20. Potencia activa en la barra oscilante considerando desviaciones estándar de la carga.

Barra	P [MW]	σ_P [MW]		
	Valor medio	5%	10%	15%
1	232,39	2,16	4,32	6,48

En los resultados se puede observar claramente que las desviaciones estándar de las variables de salida aumentan linealmente debido al incremento de las medidas de dispersión en las cargas, por tal razón los límites de confianza aumentan, esto sucede porque el jacobiano J de las variables de estado y el jacobiano K de las variables de salida siempre son evaluados en un mismo punto, por lo tanto se mantienen constantes, lo único que está variando es la matriz de covarianzas V , en esta matriz se ingresan las desviaciones estándar de la carga, las mismas que fueron incrementadas en los porcentajes ya mencionados.

Debido al sistema p.u no se puede ver el efecto que tiene el incremento de las desviaciones estándar de las cargas en los voltajes, los mismos que en valores reales se lo podría visualizar de mejor manera, sin embargo se puede ver como son afectadas las

desviaciones estándar de la potencia reactiva en los elementos de transmisión, en un flujo de potencia los voltajes son ligados a la potencia reactiva.

3.3 Voltajes variables en nodos de generación

En el capítulo anterior se mencionó que el flujo de potencia estocástico puede considerar nodos de voltaje de generación fijos y variables.

Para esta prueba se simuló dos flujos de potencia estocásticos, el primero considera nodos de voltaje de generación fijos, mientras que el segundo considera nodos de voltajes variables, las inyecciones de potencia reactiva son variables que no se pueden controlar, mientras que los voltajes son monitoreados mediante reguladores, y el efecto de las mismas se ve reflejada en la potencia reactiva de los generadores o elementos de transmisión.

En esta prueba se consideró una desviación del 5 % de la carga y una desviación del 0.5% del valor medio de los voltajes de generación, este último valor se lo considero porque generalmente estos voltajes son controlados por reguladores de voltaje. Las desviaciones estándar de los voltajes de generación también son ingresadas en la matriz de covarianzas V , los resultados se muestran en la tabla 3.21, 3.22, 3.23, 3.24, 3.25 y 3.26.

Tabla 3.21 Magnitudes de voltaje, flujo de potencia estocástico considerando variaciones en voltajes de generación.

Barras	$ V $ p.u Valor medio	σ_v [p.u]	
		Voltajes fijos	Voltajes variables
2	1,0450	0,0000	0,0016
3	1,0100	0,0000	0,0015
4	1,0177	0,0006	0,0009
5	1,0195	0,0005	0,0008
6	1,0700	0,0000	0,0016
7	1,0615	0,0006	0,0010
8	1,0900	0,0000	0,0016
9	1,0559	0,0011	0,0012
10	1,0510	0,0010	0,0012
11	1,0569	0,0005	0,0013
12	1,0552	0,0004	0,0016
13	1,0504	0,0005	0,0015
14	1,0355	0,0011	0,0014

Tabla 3.22 Ángulos de voltaje, flujo de potencia estocástico considerando variaciones en voltajes de generación.

Barras	$\theta [^\circ]$	$\sigma_\theta [^\circ]$	
	Valor medio	Voltajes fijos	Voltajes variables
2	-14,1	0,16	0,16
3	-14,1	0,46	0,46
4	-10,3	0,26	0,26
5	-8,8	0,22	0,22
6	-14,2	0,29	0,29
7	-13,4	0,30	0,30
8	-13,4	0,30	0,30
9	-14,9	0,33	0,33
10	-15,1	0,32	0,32
11	-14,8	0,31	0,31
12	-15,1	0,30	0,30
13	-15,2	0,31	0,31
14	-16,0	0,34	0,34

Tabla 3.23 Potencia activa en elementos de transmisión, flujo de potencia estocástico considerando variaciones en voltajes de generación.

Desde	Hasta	$P [MW]$	$\sigma_P [MW]$	
		Valor medio	Voltajes fijos	Voltajes variables
1	2	156,88	4,71	4,71
1	5	75,51	1,78	1,78
2	3	73,24	2,80	2,80
2	4	56,13	1,19	1,19
2	5	41,52	0,78	0,78
3	4	-23,29	2,16	2,16
4	5	-61,16	1,92	1,92
4	7	28,07	0,76	0,76
4	9	16,08	0,43	0,43
5	6	44,09	0,80	0,80
6	11	7,35	0,36	0,36
6	12	7,79	0,22	0,22
6	13	17,75	0,52	0,52
7	8	0,00	0,00	0,00
7	9	28,07	0,78	0,78

9	10	5,23	0,46	0,46
9	14	9,43	0,52	0,52
10	11	-3,79	0,35	0,35
12	13	1,61	0,19	0,19
13	14	5,64	0,40	0,40

Tabla 3.24 Potencia reactiva en elementos de transmisión, flujo de potencia estocástico considerando variaciones en voltajes de generación.

Desde	Hasta	Q [MVAR]	σ_Q [MVAR]	
		Valor medio	Voltajes fijos	Voltajes variables
1	2	-20,40	0,73	13,78
1	5	3,85	0,09	1,73
2	3	3,56	0,18	5,66
2	4	-1,55	0,12	3,08
2	5	1,17	0,08	3,07
3	4	4,47	0,66	3,96
4	5	15,82	0,41	2,11
4	7	-9,68	0,13	1,76
4	9	-0,43	0,11	0,65
5	6	12,47	0,11	2,88
6	11	3,56	0,16	1,20
6	12	2,50	0,06	0,17
6	13	7,22	0,17	0,66
7	8	-17,16	0,24	3,09
7	9	5,78	0,31	1,87
9	10	4,22	0,18	1,19
9	14	3,61	0,13	0,77
10	11	-1,62	0,15	1,17
12	13	0,75	0,05	0,16
13	14	1,75	0,12	0,76

Tabla 3.25 Potencia de la barra oscilante, flujo de potencia estocástico considerando variaciones en voltajes de generación.

Barras	P [MW]	σ_P [MW]	
	Valor medio	Voltajes fijos	Voltajes variables
1	232,39	6,48	6,48

Tabla 3.25 Potencia reactiva de generadores, flujo de potencia estocástico considerando variaciones en voltajes de generación.

Barras	Q[MVAR]	σ_Q [MVAR]	
	Valor medio	Voltajes fijos	Voltajes variables
1	-16,55	1,12	15,25
2	30,86	1,67	24,45
3	6,08	2,00	9,63
6	5,23	0,63	4,84
8	17,62	0,37	3,25

Con los resultados obtenidos se puede indicar las siguientes observaciones:

- Los ángulos de voltaje no son afectados por variaciones de nodos de generación, en ambas simulaciones, sus desviaciones estándar fueron las mismas.
- Las desviaciones estándar de las magnitudes de voltaje tuvieron un valor más grande al simular un flujo de potencia estocástico considerando nodos de voltajes de generación variables.
- En los elementos de transmisión, la potencia activa no se ve afectada por variaciones de voltajes de generación, su desviación estándar es casi la misma para ambos casos.
- Los cambios más notorios están en los flujos de potencia reactiva, al momento de simular un flujo de potencia estocástico considerando voltajes de generación fijos, las desviaciones estándar tuvieron un valor pequeño, pero al tomar en cuenta variaciones en los nodos de generación, hubo casos en donde estas desviaciones estándar aumentaron 20 veces su valor, por lo que se puede afirmar que pequeñas variaciones de generación ocasionan grandes cambios en los flujos de potencia reactiva.
- Otro aspecto a considerar es que la desviación estándar de la potencia reactiva de los generadores cambia de manera significativa al considerar variaciones en los nodos de voltaje controlado, estos resultados son de gran utilidad porque pueden determinar si hay generadores que sobrepasan sus límites de operación, y el operador tome decisiones para prevenir que el sistema eléctrico pueda pasar por estados peligrosos.

4. FLUJOS DE POTENCIA ESTOCÁSTICO EN LA PLANIFICACIÓN DE CORTO PLAZO

Se utilizó una curva característica de demanda del sistema eléctrico ecuatoriano, la misma que se procesó como datos de entrada en una red de prueba de 118 barras, cuyas características se aproximan a los sistemas reales, lo que hace de este un sistema válido para aplicar la metodología propuesta. Este sistema es una simplificación del sistema de potencia del medio-Oeste de los Estados Unidos y está conformado por 54 generadores y 177 líneas de transmisión. Se simularon flujos de potencia estocásticos en periodos seleccionados y los resultados que entregó la herramienta de software permitieron cubrir las 24 validaciones eléctricas de un día. Se corrieron flujos de potencia tradicionales en los 24 periodos horarios y los resultados que entregaron estos métodos convencionales de flujos de potencia fueron contrastados con los límites de confianza que se determinan en un flujo de potencia estocástico.

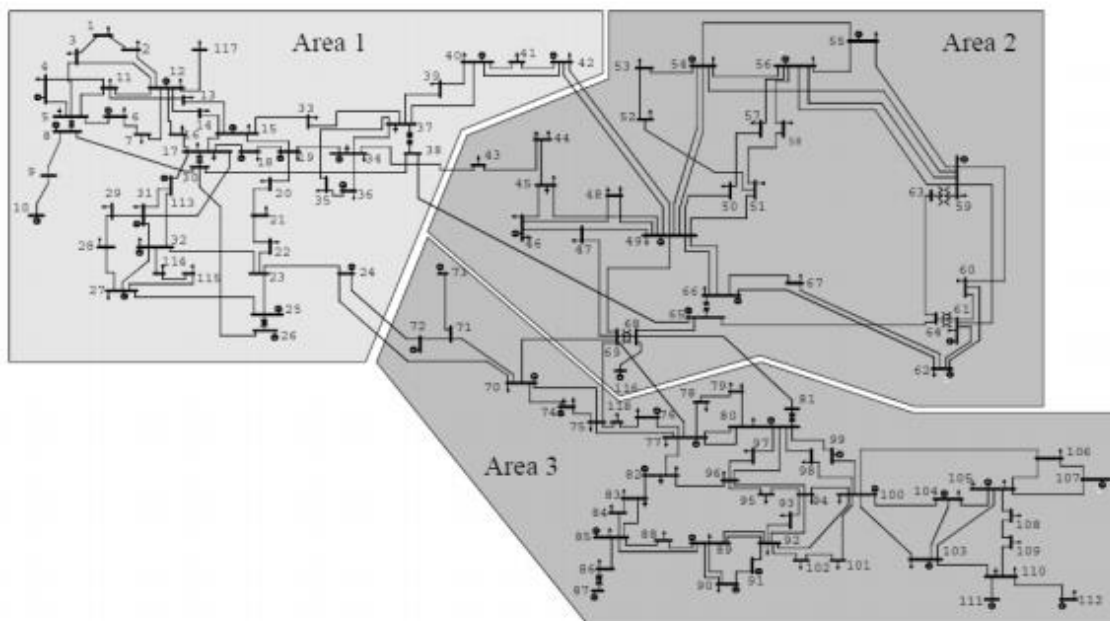


Figura 4.1 Sistema IEEE 118 barras, [obtenido de la referencia [15]]

4.1 Planificación de corto plazo

En la planificación de corto plazo se realizan agrupaciones de periodos que representan a la demanda media, mínima, y máxima. La demanda media está conformada por los periodos horarios que están entre las 07:00 y 17:00, la demanda mínima está conformada por los periodos horarios que están entre las 22:00 y las 07:00, y la demanda máxima está conformada por los periodos horarios que están entre las 17:00 y las 22:00.

De manera simplificada se realizan simulaciones de flujos de potencia determinísticos a las 03:00, 12:00 y 19:00 que representan a la demanda mínima, media y máxima (ver figura 4.2) y así cubrir las 24 validaciones eléctricas. Se simularon flujos de potencia estocásticos en estos periodos para comprobar si eran los periodos más convenientes para cubrir las 24 validaciones eléctricas de un día.

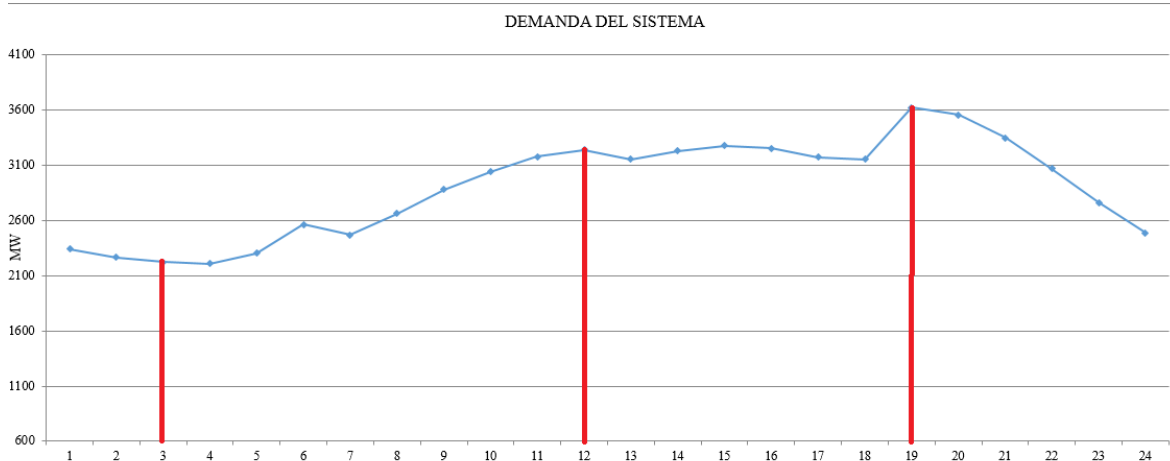


Figura 4.2 Despacho de generación y demanda de un día [Elaboración en Excel]

Para realizar este proceso se escoge un periodo del día, el flujo de potencia estocástico considera a este periodo horario como valor medio, los periodos que se encuentran aledaños al mismo, son referenciados como variaciones de este valor medio, estas variaciones son cubiertas y consideradas por este algoritmo estadístico. En la tabla 4.1 se muestra la demanda eléctrica en cada hora del día y las variaciones que hay con respecto a cada periodo, los mismos que representan a la demanda mínima, media y máxima.

Tabla 4.1 Despacho de la demanda eléctrica de un día.

Periodos horarios	Demanda[MW]	Variaciones[%]
1:00	2341	105,31
2:00	2264	101,84
3:00	2223	Valor medio
4:00	2210	99,42
5:00	2302	103,55
6:00	2563	115,29
7:00	2471	111,16
8:00	2661	82,08
9:00	2878	88,77

10:00	3042	93,83
11:00	3179	98,06
12:00	3242	Valor medio
13:00	3156	97,35
14:00	3228	99,57
15:00	3275	101,02
16:00	3253	100,34
17:00	3171	87,55
18:00	3155	87,11
19:00	3622	Valor medio
20:00	3557	98,21
21:00	3350	92,49
22:00	3068	84,70
23:00	2762	124,25
0:00	2489	111,97

4.1.1 Simulación de un flujo de potencia estocástico a las 03:00

En esta prueba se simuló un flujo de potencia estocástico a las 03:00, este periodo representa la demanda mínima y el valor medio, este flujo de potencia estocástico considera las variaciones que hay entre las 23:00 y las 07:00. Para cubrir todas estas variaciones, se consideró la mayor dispersión con respecto al valor medio, en este caso el valor más disperso con respecto a las 03:00, ocurre a las 23:00 tal como se muestra en la tabla 4.1. Por tal razón se escoge una desviación estándar del 24,25% con respecto al valor medio de la demanda eléctrica de las 03:00. Se simuló flujos de potencia determinísticos para contrastar los resultados de un flujo de potencia estocástico. Los resultados de voltajes y líneas de transmisión se muestran en las tablas 4.2, 4.3, 4.4 y 4.5, el objetivo es observar el comportamiento del flujo de potencia estocástico.

Tabla 4.2 Magnitudes de voltaje de los periodos que representa a la demanda mínima.

Barra	Flujo de potencia estocástico			Flujos de potencia tradicionales							
	3:00	Lim_inf	Lim_sup	Voltaje[p.u]							
	3:00	Lim_inf	Lim_sup	23:00	0:00	1:00	2:00	4:00	5:00	6:00	7:00
44	0,9965	0,9949	0,9981	0,9934	0,995	0,9959	0,9963	0,9966	0,9961	0,9946	0,9951
45	0,9976	0,9958	0,9993	0,9947	0,9962	0,9969	0,9974	0,9976	0,9971	0,9958	0,9963
46	1,0050	1,0050	1,0050	1,005	1,005	1,005	1,005	1,005	1,005	1,005	1,005
47	1,0202	1,0196	1,0208	1,0194	1,0198	1,02	1,0202	1,0202	1,0201	1,0197	1,0198
48	1,0222	1,0219	1,0226	1,0218	1,022	1,0221	1,0222	1,0222	1,0222	1,022	1,022
49	1,0250	1,0250	1,0250	1,025	1,025	1,025	1,025	1,025	1,025	1,025	1,025
50	1,0041	1,0036	1,0046	1,0034	1,0038	1,004	1,0041	1,0041	1,004	1,0037	1,0038
51	0,9737	0,9729	0,9745	0,972	0,9729	0,9733	0,9736	0,9737	0,9734	0,9726	0,9729
52	0,9650	0,9640	0,9660	0,9629	0,964	0,9645	0,9648	0,965	0,9647	0,9637	0,964
53	0,9515	0,9507	0,9523	0,9501	0,9508	0,9512	0,9514	0,9515	0,9513	0,9506	0,9508
54	0,9550	0,9550	0,9550	0,955	0,955	0,955	0,955	0,955	0,955	0,955	0,955
55	0,9520	0,9520	0,9520	0,952	0,952	0,952	0,952	0,952	0,952	0,952	0,952
56	0,9540	0,9540	0,9540	0,954	0,954	0,954	0,954	0,954	0,954	0,954	0,954
57	0,9735	0,9730	0,9739	0,9728	0,9731	0,9733	0,9734	0,9735	0,9734	0,973	0,9731
58	0,9639	0,9633	0,9644	0,9627	0,9633	0,9636	0,9638	0,9639	0,9637	0,9631	0,9633
59	0,9850	0,9850	0,9850	0,985	0,985	0,985	0,985	0,985	0,985	0,985	0,985
60	0,9940	0,9938	0,9942	0,9938	0,9939	0,994	0,994	0,994	0,994	0,9939	0,9939
61	0,9950	0,9950	0,9950	0,995	0,995	0,995	0,995	0,995	0,995	0,995	0,995
62	0,9980	0,9980	0,9980	0,998	0,998	0,998	0,998	0,998	0,998	0,998	0,998
63	0,9713	0,9708	0,9718	0,9706	0,971	0,9711	0,9712	0,9713	0,9712	0,9709	0,971
64	0,9854	0,9850	0,9857	0,985	0,9852	0,9853	0,9853	0,9854	0,9853	0,9851	0,9852
65	1,0050	1,0050	1,0050	1,005	1,005	1,005	1,005	1,005	1,005	1,005	1,005
66	1,0500	1,0500	1,0500	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05

Tabla 4.3 Ángulos de voltaje de los periodos que representa a la demanda mínima.

Barra	Flujo de potencia estocástico			Flujos de potencia tradicionales							
	3:00	Lim_inf	Lim_sup	Ángulos[°]							
				23:00	0:00	1:00	2:00	4:00	5:00	6:00	7:00
44	21,2	19,8	22,7	18,9	20,1	20,7	21,1	21,3	20,9	19,8	20,2
45	22,2	20,8	23,6	20,1	21,2	21,8	22,1	22,3	21,9	20,9	21,3
46	23,7	22,4	25	22	22,9	23,4	23,6	23,8	23,5	22,7	23
47	24,8	23,7	25,9	23,4	24,1	24,5	24,7	24,8	24,6	23,9	24,2
48	24,3	23	25,6	22,8	23,6	24	24,2	24,3	24,1	23,4	23,6
49	24,8	23,5	26,1	23,4	24,2	24,5	24,7	24,9	24,6	24	24,2
50	23,9	22,4	25,3	22,2	23,1	23,5	23,7	23,9	23,6	22,8	23,1
51	22,7	21,1	24,3	20,6	21,7	22,3	22,6	22,8	22,4	21,4	21,8
52	22,3	20,6	23,9	20,1	21,2	21,8	22,1	22,3	21,9	20,9	21,3
53	21,8	20,1	23,6	19,5	20,7	21,3	21,7	21,9	21,5	20,4	20,8
54	22,3	20,5	24,1	20,1	21,2	21,8	22,1	22,4	22	20,9	21,3
55	22,2	20,3	24	19,9	21,1	21,7	22	22,2	21,8	20,7	21,1
56	22,3	20,5	24,1	20	21,2	21,8	22,1	22,3	21,9	20,8	21,2
57	22,7	21,1	24,4	20,7	21,7	22,3	22,6	22,8	22,4	21,5	21,8
58	22,4	20,7	24	20,2	21,3	21,9	22,2	22,4	22	21	21,4
59	24,1	22,2	26	22,5	23,3	23,8	24	24,1	23,9	23,1	23,4
60	26	24,5	27,6	24,9	25,5	25,8	25,9	26	25,9	25,3	25,5
61	26,5	25	28	25,5	26	26,3	26,4	26,5	26,3	25,8	26
62	26,2	24,7	27,6	25,1	25,6	25,9	26,1	26,2	26	25,5	25,7
63	25,8	24,3	27,4	24,7	25,3	25,6	25,8	25,9	25,7	25,1	25,3
64	26,7	25,3	28,1	25,8	26,3	26,5	26,7	26,7	26,6	26,1	26,3
65	28,3	27,3	29,3	27,8	28,1	28,2	28,3	28,3	28,2	28	28,1
66	28,1	26,9	29,3	27,6	27,8	28	28,1	28,1	28	27,8	27,9

Tabla 4.4 Potencia activa en líneas de transmisión de los periodos que representa a la demanda mínima.

		Flujo de potencia estocástico			Flujos de potencia tradicionales							
		Potencia activa en líneas de transmisión[MW]										
Desde	Hasta	3:00	Lim_inf	Lim_sup	23:00	0:00	1:00	2:00	4:00	5:00	6:00	7:00
20	21	-15,64	-17,73	-13,56	-19,3	-17,4	-16,4	-15,92	-15,55	-16,18	-17,93	-17,31
21	22	-23,03	-25,05	-21,01	-28,5	-25,7	-24,2	-23,44	-22,89	-23,83	-26,46	-25,52
22	23	-28,40	-30,52	-26,27	-35,2	-31,7	-29,9	-28,9	-28,23	-29,39	-32,66	-31,5
23	24	0,68	-8,00	9,31	0,21	0,51	0,62	0,66	0,69	0,64	0,44	0,52
23	25	-82,75	-86,05	-79,41	-102,01	-92,3	-87	-84,21	-82,26	-85,6	-94,94	-91,62
26	25	45,80	42,01	49,58	56,44	51,05	48,12	46,6	45,53	47,36	52,52	50,68
25	27	73,52	69,79	77,24	91,47	82,36	77,43	74,87	73,07	76,15	84,85	81,75
27	28	17,30	14,93	19,66	21,41	19,33	18,2	17,61	17,19	17,9	19,9	19,19
28	29	8,33	6,14	10,51	10,25	9,28	8,75	8,47	8,28	8,61	9,54	9,21
30	17	119,52	112,86	126,18	149	134,1	126	121,7	118,8	123,9	138,1	133,1
8	30	35,67	25,78	45,51	43,54	39,6	37,42	36,28	35,47	36,85	40,68	39,33
26	30	113,77	109,97	117,54	141,8	127,6	119,9	115,9	113,1	117,9	131,5	126,6
17	31	7,24	3,16	11,33	9,22	8,22	7,67	7,39	7,19	7,53	8,49	8,15
29	31	-4,27	-7,21	-1,34	-5,4	-4,83	-4,52	-4,36	-4,24	-4,44	-4,99	-4,79
23	32	49,69	44,79	54,60	61,62	55,55	52,28	50,58	49,39	51,43	57,2	55,14
31	32	-16,16	-19,09	-13,22	-19,9	-18	-17	-16,44	-16,06	-16,71	-18,53	-17,88
27	32	6,34	3,10	9,57	7,76	7,04	6,65	6,45	6,3	6,55	7,24	7
15	33	2,96	-0,90	6,81	3,56	3,27	3,1	3,01	2,95	3,06	3,35	3,25
19	34	-2,71	-6,26	0,83	-3,47	-3,07	-2,87	-2,76	-2,69	-2,82	-3,18	-3,05
35	36	0,07	-2,61	2,76	0,28	0,18	0,12	0,09	0,07	0,1	0,21	0,17
35	37	-17,37	-19,89	-14,85	-21,8	-19,5	-18,3	-17,7	-17,26	-18,02	-20,15	-19,39
33	37	-9,10	-13,02	-5,20	-11,4	-10,2	-9,6	-9,27	-9,04	-9,44	-10,56	-10,16

Tabla 4.5 Potencia reactiva en líneas de transmisión de los periodos que representa a la demanda mínima.

		Flujo de potencia estocástico			Flujos de potencia tradicionales							
		Potencia reactiva en líneas de transmisión[MVAR]										
Desde	Hasta	3:00	Lim_inf	Lim_sup	23:00	0:00	1:00	2:00	4:00	5:00	6:00	7:00
70	75	7,83	6,87	8,78	8,4	8,1	7,95	7,87	7,81	7,91	8,18	8,08
69	75	29,25	27,39	31,11	26,08	27,66	28,54	29,01	29,34	28,77	27,22	27,77
74	75	-21,70	-24,04	-19,36	-17,7	-19,8	-20,9	-21,41	-21,8	-21,13	-19,19	-19,89
76	77	-32,14	-33,89	-30,40	-29,6	-30,9	-31,6	-31,95	-32,2	-31,77	-30,56	-30,99
69	77	12,73	8,83	16,63	9,89	11,34	12,12	12,53	12,81	12,33	10,95	11,44
75	77	-14,33	-15,68	-12,97	-13,4	-13,9	-14,1	-14,25	-14,35	-14,19	-13,76	-13,91
77	78	0,72	0,02	1,42	1,97	1,33	0,99	0,81	0,69	0,9	1,51	1,29
78	79	-24,09	-24,80	-23,38	-22,9	-23,5	-23,8	-24	-24,12	-23,91	-23,33	-23,53
77	80	-55,49	-58,59	-52,38	-51,6	-53,6	-54,6	-55,19	-55,58	-54,91	-53,03	-53,7
77	80	-27,61	-30,72	-24,51	-26,1	-26,9	-27,3	-27,5	-27,65	-27,39	-26,66	-26,92
79	80	-35,14	-35,85	-34,44	-34	-34,6	-34,9	-35,05	-35,17	-34,97	-34,4	-34,6
68	81	-6,06	-6,98	-5,15	-5,82	-5,94	-6,01	-6,04	-6,07	-6,03	-5,91	-5,95
81	80	74,41	73,68	75,14	74,63	74,52	74,46	74,43	74,41	74,45	74,55	74,51
77	82	7,66	4,07	11,26	9,36	8,52	8,05	7,8	7,63	7,93	8,75	8,46
82	83	16,20	13,32	19,09	17,73	16,97	16,55	16,33	16,17	16,44	17,18	16,92
83	84	10,36	8,95	11,77	11,23	10,79	10,55	10,43	10,34	10,49	10,91	10,76
83	85	9,11	7,81	10,41	9,61	9,36	9,23	9,15	9,1	9,19	9,43	9,35
84	85	5,51	4,24	6,78	6,24	5,88	5,67	5,57	5,49	5,62	5,98	5,85
85	86	-6,92	-7,14	-6,70	-7,06	-6,99	-6,95	-6,93	-6,92	-6,94	-7,01	-6,98
86	87	-14,38	-14,66	-14,09	-14,6	-14,5	-14,4	-14,39	-14,37	-14,4	-14,5	-14,47
85	88	-1,82	-2,74	-0,90	0,29	-0,79	-1,36	-1,66	-1,87	-1,51	-0,5	-0,86
85	89	-7,67	-8,43	-6,91	-5,87	-6,8	-7,29	-7,54	-7,71	-7,41	-6,54	-6,86
88	89	-9,79	-10,52	-9,07	-8,04	-8,93	-9,41	-9,66	-9,84	-9,53	-8,68	-8,99

Con estos resultados se puede hacer las siguientes observaciones:

Los valores de demanda de los periodos aledaños a las 03:00, a excepción de las 04:00 tienen un valor superior como se muestra en la tabla 4.1, como consecuencia de esto, los voltajes disminuyen debido al aumento de demanda eléctrica, por esta razón, los resultados de los flujos de potencia determinísticos tienden al valor del límite inferior obtenido por el flujo de potencia estocástico.

Los resultados de voltaje obtenidos por el flujo de potencia estocástico en algunas barras son iguales a sus valores medio, esto sucede porque estas barras son de generación, y para esta prueba se consideró que las barras de voltaje controlado se mantuvieran constantes, por tal motivo los resultados de un flujo de potencia estocástico y determinístico son iguales.

Todos los resultados, tanto voltajes como flujos de potencia por elementos de transmisión determinados por los flujos de potencia determinísticos en cada periodo, a excepción de las 23:00 se encuentran dentro del intervalo de confianza, hay que recalcar que el flujo de potencia estocástico determina un rango alrededor de su valor esperado en base a un intervalo de confianza que tiene un límite inferior y superior.

Los límites de confianza que se obtuvieron en el flujo de potencia estocástico son estimaciones lejanas a los resultados que se determinaron por un flujo de potencia convencional en el periodo de las 23:00, cabe mencionar que el valor de demanda eléctrica en este periodo es el más disperso con respecto a las 03:00 y es la razón por la que se utilizó una desviación estándar del 24,25% en la potencia activa. Esto se puede notar de mejor manera en los resultados que muestran las magnitudes de voltaje y los flujos de potencia activa de las líneas de transmisión en la tabla 4.2 y 4.4 respectivamente.

Por la observación antes mencionada, para medidas de dispersión muy lejanas a su valor medio de la demanda eléctrica, el flujos de potencia estocástico no presenta buenas estimaciones. Esto es un problema para el planificador como para el operador ya que se estaría realizando una validación eléctrica incorrecta en la planificación de corto plazo, la misma que no corresponde a la operación del siguiente día.

Otro aspecto a resaltar es que la información que reciba el operador, deben ser análisis eléctricos que brinden utilidad para las funciones operativos del sistema de potencia. En esta prueba se observó que los resultados de voltaje obtenido por el flujo de potencia determinístico disminuyen y tienden hacia el límite inferior del intervalo confianza

calculados por el flujo de potencia estocástico, sin embargo los voltajes en este escenario no tienden hacia al límite superior del intervalo de confianza ya que la demanda eléctrica de los periodos aledaños son mayores. Los datos de entrada pueden tener cualquier función de distribución de probabilidad y de esa manera establecer la estadística de la matriz V , sin embargo este flujo de potencia estocástico está basado en el teorema del límite central, indicando que los datos de entrada siguen una distribución normal y que los resultados de este flujo de potencia estocástico también siguen esta curva de distribución, con valores medios y desviaciones estándar, es decir se necesita correr un flujo de potencia estocástico en un periodo horario referenciado como valor medio, donde los periodos adyacentes aumenten y disminuyen con respecto a dicho valor. Por las razones ya mencionadas el periodo de las 03:00 no sería el más conveniente para simular flujos de potencia estocásticos.

Lo contrario sucede con los periodos de las 12:00 y 19:00 que representan a la demanda media y máxima respectivamente. Sus periodos aledaños son menores, cuando se simulo flujos de potencia convencionales en estos periodos, se observó que el voltaje aumenta debido al decremento de la demanda. Se simularon flujos de potencia estocásticos en los periodos representativos de la demanda media y máxima para determinar los límites de confianza. Contrastando con los flujos de potencia determinísticos, se observó que los voltajes tienden hacia el límite superior que se determinó en la parte estadística. Estos periodos tienen la misma problemática que el periodo de las 03:00, por lo tanto el periodo de las 12:00 y 19:00 no son los periodos más apropiados para simular flujos de potencia estocastico.

4.2 Simulación de flujos de potencia estocásticos en Periodos horarios seleccionados para la planificación de corto plazo.

En esta sección se procedió a seleccionar los periodos más adecuados y convenientes para que el flujo de potencia estocástico presente resultados que sean de mayor utilidad en la planificación de corto plazo. Los 24 periodos horarios se asociaron en cinco agrupaciones, en cada una de estas agrupaciones se eligió un periodo para simular un flujo de potencia estocástico, este periodo como se dijo anteriormente, es referenciado como valor medio y los periodos adyacentes son variaciones de dicho valor medio como se muestra en la tabla 4.6.

La razón de escoger estos periodos para simular flujos de potencia estocásticos, es porque estos periodos horarios presentan las características que se mencionaron anteriormente, sus valores de demanda son referenciados como valores medios,

mientras que los valores de demanda de los periodos aledaños son variaciones que aumentan y disminuyen con respecto a este valor medio. Cabe indicar que las variaciones no son tan dispersas.

Tabla 4.6. Despacho de generación y demanda de un día

Periodos Horarios	Demanda[MW]	Variaciones[%]
1:00	2340,84	103,40
2:00	2263,77	Valor medio
3:00	2223,29	98,21
4:00	2209,71	97,71
5:00	2302,49	101,71
6:00	2563,38	96,33
7:00	2470,51	92,84
8:00	2661,04	Valor medio
9:00	2878,04	108,15
10:00	3041,91	96,38
11:00	3178,50	100,71
12:00	3242,02	102,72
13:00	3156,23	Valor medio
14:00	3227,94	102,27
15:00	3275,30	103,77
16:00	3252,80	103,06
17:00	3171,41	100,48
18:00	3154,93	99,96
19:00	3622,48	101,84
20:00	3557,03	Valor medio
21:00	3349,86	94,18
22:00	3067,69	111,00
23:00	2761,64	Valor medio
0:00	2488,88	90,00

En todos los escenarios se muestran resultados de voltaje de barras, mientras que para los elementos de transmisión, se exponen aquellos elementos que están conectados y cercanos a la barra oscilante, puesto que esta barra es la que compensa las variaciones que existen en el sistema y por ende su desviación estándar será alta al igual que los elementos que estén conectados a ella. Todos los resultados de voltajes y líneas de transmisión se muestran como anexo 2 y de forma digital.

4.2.1 Flujo de potencia estocástico 02:00

En esta prueba se simuló un flujo de potencia estocástico a las 02:00, se cubrió las variaciones que hay entre la 01:00 y 05:00. Se utilizó una desviación estándar del 3,4% para cubrir todas las variaciones de este escenario. Se corrieron flujos de potencia determinísticos para contrastar los resultados que se muestran en las tablas 4.7, 4.8, 4.9, 4.10, 4.11, 4.12;

Tabla 4.7. Magnitudes de voltaje, flujo de potencia estocástico 02:00.

Barras	Flujo de potencia estocástico			Flujo de potencia normal			
	Voltaje[p.u]						
	2:00	Lim inf	Lim sup	1:00	3:00	4:00	5:00
1	0,9550	0,9550	0,9550	0,9550	0,9550	0,9550	0,9550
2	0,9726	0,9726	0,9726	0,9726	0,9726	0,9726	0,9726
3	0,9688	0,9688	0,9689	0,9688	0,9688	0,9688	0,9688
4	0,9980	0,9980	0,9980	0,9980	0,9980	0,9980	0,9980
5	1,0011	1,0011	1,0011	1,0011	1,0011	1,0011	1,0011
6	0,9900	0,9900	0,9900	0,9900	0,9900	0,9900	0,9900
7	0,9896	0,9896	0,9896	0,9896	0,9896	0,9896	0,9896
8	1,0150	1,0150	1,0150	1,0150	1,0150	1,0150	1,0150
9	1,0494	1,0493	1,0495	1,0493	1,0495	1,0495	1,0493
10	1,0500	1,0500	1,0500	1,0500	1,0500	1,0500	1,0500
11	0,9870	0,9869	0,9871	0,9869	0,9870	0,9870	0,9870
12	0,9900	0,9900	0,9900	0,9900	0,9900	0,9900	0,9900
13	0,9728	0,9727	0,9729	0,9726	0,9729	0,9729	0,9727
14	0,9845	0,9846	0,9847	0,9846	0,9847	0,9847	0,9847

Tabla 4.8. Ángulos de voltaje, flujo de potencia estocástico 02:00.

Barras	Flujo de potencia estocástico			Flujo de potencia normal			
	Ángulos [°]						
	2:00	Lim inf	Lim sup	1:00	3:00	4:00	5:00
1	19,2	18,8	19,5	18,5	19,1	19,2	18,7
2	19,2	18,8	19,5	19,1	19,7	19,8	19,3
3	19,7	19,4	20,0	19,3	19,9	20	19,5
4	21,5	21,1	21,8	21,2	21,6	21,7	21,3
5	21,7	21,4	22,0	21,4	21,9	21,9	21,5
6	20,3	20,0	20,7	19,9	20,5	20,6	20,1
7	20,1	19,7	20,4	19,7	20,3	20,3	19,9
8	24,4	24,0	24,7	24,1	24,5	24,5	24,2

9	28,0	27,7	28,3	27,9	28,1	28,1	28
10	31,9	31,6	32,2	32	31,9	31,9	31,9
11	20,2	19,9	20,5	19,8	20,4	20,4	20
12	19,9	19,6	20,2	19,5	20,1	20,2	19,7
13	19,6	19,2	19,9	19,2	19,8	19,8	19,4
14	19,6	19,3	19,9	19,2	19,8	19,8	19,4

Tabla 4.9. Potencia activa en elementos de transmisión, flujo de potencia estocástico 02:00.

		Flujo de potencia estocástico			Flujo de potencia normal			
L/T		P[MW]						
Desde	Hasta	2:00	Lim inf	Lim sup	1:00	3:00	4:00	5:00
62	66	-20,74	-21,20	-20,28	-21,4	-20,39	-20,28	-21,06
62	67	-13,88	-14,39	-13,38	-14,31	-13,66	-13,59	-14,09
65	66	11,20	9,69	12,71	11,42	11,13	11,09	11,32
66	67	29,23	28,67	29,79	30,19	28,74	28,58	29,7
65	68	-6,78	-12,27	-1,29	-7,5	-6,62	-6,53	-7,19
47	69	-33,16	-34,12	-32,20	-34,35	-32,58	-32,38	-33,76
49	69	-28,08	-29,02	-27,14	-29,1	-27,59	-27,42	-28,59
68	69	-87,02	-92,30	-81,75	-90,58	-85,46	-84,89	-88,86

Tabla 4.10. Potencia reactiva en elementos de transmisión, flujo de potencia estocástico 02:00.

		Flujo de potencia estocástico			Flujo de potencia normal			
L/T		Q[MVAR]						
Desde	Hasta	2:00	Lim inf	Lim sup	1:00	3:00	4:00	5:00
62	66	-21,81	-21,93	-21,69	-21,64	-21,9	-21,93	-21,73
62	67	-18,72	-18,83	-18,60	-18,55	-18,8	-18,83	-18,64
65	66	72,26	72,25	72,26	72,26	72,26	72,26	72,26
66	67	21,53	21,44	21,61	21,42	21,58	21,6	21,47
65	68	-20,25	-20,69	-19,82	-20,22	-20,25	-20,25	-20,23
47	69	2,55	2,17	2,93	3	2,34	2,26	2,77
49	69	2,41	2,02	2,80	2,83	2,21	2,15	2,62
68	69	111,2	111,06	111,44	111,4	111,19	111,18	111,31

Tabla 4.11. Potencia activa de la barra oscilante, flujo de potencia estocástico 02:00

	Flujo de potencia estocástico			Flujo de potencia normal			
	P [MW]						
Barra	2:00	Lim inf	Lim sup	1:00	3:00	4:00	5:00
69	311,63	300,78	322,47	323,19	306,01	304,07	317,67

Tabla 4.12. Potencia reactiva de los generadores, flujo de potencia estocástico 02:00

Barra	Q[MVAR]						
	2:00	Lim inf	Lim sup	1:00	3:00	4:00	5:00
69	-56,28	-57,39	-55,18	-57,92	-55,49	-55,21	-57,11
1	-41,26	-41,56	-40,95	-40,84	-41,47	-41,54	-41,05
4	-21,46	-21,62	-21,30	-21,83	-21,27	-21,21	-21,64
6	-12,56	-12,79	-12,34	-12,35	-12,68	-12,71	-12,46

4.2.2 Flujo de potencia estocástico 8:00

En esta prueba se simuló un flujo de potencia estocástico a las 08:00, se cubrió las variaciones que hay entre la 06:00 y 9:00. Se utilizó una desviación estándar del 8,84% para cubrir todas las variaciones de este escenario. Se corrieron flujos de potencia determinísticos para contrastar los resultados que se muestran en las tablas 4.13, 4.14, 4.15, 4.16 4,17 y 4.18.

Tabla 4.13. Magnitudes de voltaje, flujo de potencia estocástico 08:00.

Barras	Flujo de potencia estocástico			Flujo de potencia normal		
	Voltaje[p.u]					
	8:00	Lim inf	Lim sup	6:00	7:00	9:00
29	0,9642	0,9641	0,9643	0,9643	0,9643	0,9641
30	0,9908	0,9907	0,9909	0,9911	0,9913	0,9902
31	0,967	0,967	0,967	0,967	0,967	0,967
32	0,963	0,963	0,963	0,963	0,963	0,963
33	0,9729	0,9727	0,9732	0,973	0,9731	0,9727
34	0,984	0,984	0,984	0,984	0,984	0,984
35	0,9807	0,9807	0,9808	0,9808	0,9808	0,9807
36	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98
37	0,9909	0,9909	0,991	0,9909	0,9909	0,9909
38	0,9677	0,9675	0,9679	0,9681	0,9683	0,967
39	0,9718	0,9716	0,972	0,9719	0,972	0,9716
40	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97

41	0,9685	0,9682	0,9687	0,9686	0,9687	0,9682
42	0,985	0,985	0,985	0,985	0,985	0,985
43	0,983	0,9826	0,9834	0,9834	0,9837	0,9822

Tabla 4.14. Ángulos de voltaje, flujo de potencia estocástico 08:00.

Barra	Flujo de potencia estocástico			Flujo de potencia normal		
	Angulo [°]					
	8:00	Lim inf	Lim sup	6:00	7:00	9:00
29	18,5	17,7	19,4	19	19,5	17,4
30	22,1	21,3	22,9	22,4	22,7	21,3
31	18,6	17,7	19,4	19,1	19,5	17,5
32	19,9	19,1	20,8	20,4	20,8	19
33	17,2	16,4	18	17,8	18,3	16,1
34	17,7	17	18,4	18,2	18,7	16,6
35	17,4	16,7	18,1	17,9	18,4	16,3
36	17,4	16,7	18,2	17,9	18,4	16,3
37	17,9	17,2	18,7	18,4	18,9	16,9
38	21,1	20,4	21,8	21,5	21,8	20,3
39	16	15,3	16,7	16,6	17,1	14,7
40	15,4	14,6	16,1	16	16,5	14,1
41	15,1	14,4	15,9	15,7	16,3	13,8
42	16,1	15,4	16,8	16,7	17,2	14,9
43	17,7	17,1	18,4	18,2	18,7	16,6

Tabla 4.15. Potencia activa en elementos de transmisión, flujo de potencia estocástico 08:00.

L/T		Flujo de potencia estocástico			Flujo de potencia normal		
Desde	Hasta	P[MW]					
8:00	Lim inf	Lim sup	6:00	7:00	9:00		
62	66	-24,09	-25,36	-22,82	-23,27	-22,48	-25,89
62	67	-16,03	-17,42	-14,65	-15,5	-15	-17,18
65	66	12,3	8,09	16,51	12,01	11,75	12,98
66	67	34,07	32,53	35,62	32,88	31,75	36,67
65	68	-10,13	-25,41	5,15	-9,25	-8,45	-12,23
47	69	-39,14	-41,79	-36,49	-37,66	-36,26	-42,39
49	69	-33,18	-35,79	-30,57	-31,91	-30,72	-35,96
68	69	-104,65	-119,31	-89,99	-100,23	-96,11	-114,47

Tabla 4.16. Potencia reactiva en elementos de transmisión, flujo de potencia estocástico 08:00.

		Flujo de potencia estocástico			Flujo de potencia normal		
L/T		Q [MVAR]					
Desde	Hasta	8:00	Lim inf	Lim sup	6:00	7:00	9:00
62	66	-20,94	-21,28	-20,6	-21,16	-21,36	-20,46
62	67	-17,88	-18,2	-17,55	-18,09	-18,28	-17,42
65	66	72,26	72,24	72,28	72,26	72,26	72,27
66	67	20,99	20,77	21,21	21,12	21,24	20,72
65	68	-20,12	-21,36	-18,89	-20,16	-20,19	-20,02
47	69	4,83	3,73	5,92	4,25	3,72	6,11
49	69	4,55	3,41	5,68	4,01	3,51	5,76
68	69	111,9	111,29	112,51	111,73	111,57	112,3

Tabla 4.17. Potencia activa de la barra oscilante, flujo de potencia estocástico 08:00.

		Flujo de potencia estocástico			Flujo de potencia normal		
		P [MW]					
Barra	8:00	Lim inf	Lim sup	6:00	7:00	9:00	
69	371,4	341,19	401,61	356,49	342,53	404,32	

Tabla 4.18. Potencia reactiva de los generadores, flujo de potencia estocástico 08:00.

		Flujo de potencia estocástico			Flujo de potencia normal		
		Q[MVAR]					
Barra	8:00	Lim inf	Lim sup	6:00	7:00	9:00	
69	-64,17	-66,95	-61,38	-62,28	-60,46	-68,15	
1	-39,14	-40	-38,28	-39,66	-40,16	-37,98	
4	-23,18	-23,61	-22,74	-22,78	-22,39	-23,96	
6	-11,43	-12,05	-10,8	-11,71	-11,98	-10,78	

4.2.3 Flujo de potencia estocástico 13:00

En esta prueba se simuló un flujo de potencia estocástico a las 13:00, se cubrió las variaciones que hay entre la 10:00 y 18:00. Hay que mencionar que es la agrupación más grande, ya que involucra muchos periodos, entre cada periodo los cambios de demanda eléctrica son pequeños, tal como lo muestra la tabla 4.6. Se utilizó una desviación estándar del 4% para cubrir todas las variaciones de este escenario. Se corrieron flujos

de potencia determinísticos para contrastar los resultados que se muestran en las tablas 4.19, 4.20, 4.21, 4.22, 4.23, y 4.24.

Tabla 4.19. Magnitudes de voltaje, flujo de potencia estocástico 13:00.

Barras	Flujo de potencia estocástico			Flujo de potencia normal							
	Voltajes [p.u]										
	13:00	Lim inf	Lim sup	10:00	11:00	12:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00
94	0,9929	0,9928	0,9930	0,9932	0,9928	0,9927	0,9927	0,9926	0,9927	0,9929	0,9929
95	0,9846	0,9843	0,9848	0,9850	0,9845	0,9843	0,9843	0,9842	0,9842	0,9845	0,9846
96	0,9960	0,9958	0,9961	0,9963	0,9959	0,9957	0,9958	0,9956	0,9957	0,9959	0,9960
97	1,0134	1,0133	1,0135	1,0137	1,0134	1,0133	1,0133	1,0132	1,0133	1,0134	1,0134
98	1,0249	1,0247	1,0250	1,0250	1,0249	1,0248	1,0248	1,0247	1,0248	1,0249	1,0249
99	1,0100	1,0100	1,0100	1,0100	1,0100	1,0100	1,0100	1,0100	1,0100	1,0100	1,0100
100	1,0170	1,0170	1,0170	1,0170	1,0170	1,0170	1,0170	1,0170	1,0170	1,0170	1,0170
101	0,9930	0,9929	0,9931	0,9932	0,9930	0,9929	0,9929	0,9929	0,9929	0,9930	0,9930
102	0,9901	0,9900	0,9901	0,9901	0,9900	0,9900	0,9900	0,9900	0,9900	0,9900	0,9901
103	1,0100	1,0100	1,0100	1,0100	1,0100	1,0100	1,0100	1,0100	1,0100	1,0100	1,0100
104	0,9710	0,9710	0,9710	0,9710	0,9710	0,9710	0,9710	0,9710	0,9710	0,9710	0,9710
105	0,9650	0,9650	0,9650	0,9650	0,9650	0,9650	0,9650	0,9650	0,9650	0,9650	0,9650
106	0,9630	0,9628	0,9631	0,9632	0,9629	0,9628	0,9629	0,9628	0,9628	0,9630	0,9630
107	0,9520	0,9520	0,9520	0,9520	0,9520	0,9520	0,9520	0,9520	0,9520	0,9520	0,9520
108	0,9666	0,9666	0,9667	0,9667	0,9666	0,9666	0,9666	0,9666	0,9666	0,9666	0,9666
109	0,9675	0,9675	0,9676	0,9676	0,9675	0,9675	0,9675	0,9675	0,9675	0,9675	0,9675

Tabla 4.20. Ángulos de voltaje, flujo de potencia estocástico 13:00.

Barras	Flujo de potencia estocástico			Flujo de potencia normal							
	Ángulos[°]										
	13:00	Lim inf	Lim sup	10:00	11:00	12:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00
94	27,9	27,5	28,3	28,0	27,9	27,8	27,8	27,7	27,8	27,9	27,9
95	27,3	26,9	27,6	27,4	27,2	27,1	27,2	27,1	27,1	27,2	27,3
96	27,2	26,9	27,5	27,3	27,2	27,1	27,1	27,0	27,1	27,2	27,2
97	27,5	27,2	27,8	27,6	27,5	27,4	27,4	27,4	27,4	27,5	27,5
98	27,1	26,8	27,4	27,2	27,0	27,0	27,0	26,9	26,9	27,0	27,1
99	26,7	26,3	27,1	26,9	26,7	26,6	26,6	26,5	26,6	26,7	26,7
100	27,3	26,9	27,7	27,4	27,3	27,2	27,2	27,1	27,2	27,3	27,3
101	28,5	28,0	28,9	28,6	28,5	28,4	28,4	28,4	28,4	28,5	28,5
102	30,5	30,0	30,9	30,5	30,5	30,4	30,4	30,4	30,4	30,5	30,5
103	24,5	24,1	25,0	24,8	24,5	24,3	24,4	24,3	24,3	24,5	24,5
104	22,8	22,3	23,3	23,1	22,7	22,5	22,6	22,4	22,5	22,7	22,8
105	22,0	21,5	22,5	22,4	21,9	21,7	21,8	21,6	21,7	22,0	22,0

106	21,8	21,3	22,3	22,2	21,7	21,5	21,6	21,4	21,5	21,8	21,8
107	19,8	19,3	20,3	20,3	19,7	19,4	19,5	19,3	19,4	19,7	19,8
108	21,1	20,6	21,6	21,5	21,0	20,8	20,8	20,7	20,7	21,0	21,1
109	20,7	20,2	21,3	21,1	20,6	20,4	20,5	20,3	20,4	20,7	20,7

Tabla 4.21. Potencia activa de elementos de transmisión, flujo de potencia estocástico 13:00.

L/T		Flujo de potencia estocástico			Flujo de potencia normal								
		P[MW]											
Desde	Hasta	13:00	Lim inf	Lim sup	10:00	11:00	12:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	
62	66	-28,26	-29,02	-27,51	-27,3	-28,45	-28,99	-28,87	-29,27	-29,08	-28,39	-28,26	
62	67	-18,70	-19,53	-17,88	-18,09	-18,83	-19,17	-19,09	-19,35	-19,23	-18,79	-18,7	
65	66	13,97	11,44	16,49	13,55	14,06	14,3	14,25	14,43	14,34	14,03	13,97	
66	67	40,11	39,19	41,03	38,72	40,39	41,16	40,99	41,57	41,29	40,3	40,1	
65	68	-15,30	-24,43	-6,16	-14	-15,59	-16,37	-16,19	-16,78	-16,5	-15,51	-15,31	
47	69	-46,75	-48,32	-45,18	-44,98	-47,1	-48,1	-47,88	-48,62	-48,27	-46,99	-46,74	
49	69	-39,70	-41,25	-38,16	-38,18	-40,01	-40,86	-40,67	-41,31	-41,01	-39,91	-39,69	
68	69	-127,84	-136,58	-119,09	-122,36	-129	-132,1	-131,4	-133,73	-132,6	-128,6	-127,8	

Tabla 4.22. Potencia reactiva de elementos de transmisión, flujo de potencia estocástico 13:00.

L/T		Flujo de potencia estocástico			Flujo de potencia normal								
		Q[MVAR]											
Desde	Hasta	13:00	Lim inf	Lim sup	10:00	11:00	12:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	
62	66	-19,81	-20,02	-19,60	-20,07	-19,76	-19,61	-19,64	-19,53	-19,58	-19,77	-19,81	
62	67	-16,81	-17,01	-16,61	-17,06	-16,76	-16,62	-16,65	-16,54	-16,59	-16,77	-16,81	
65	66	72,27	72,26	72,28	72,27	72,27	72,27	72,27	72,27	72,27	72,27	72,27	
66	67	20,38	20,26	20,50	20,51	20,35	20,28	20,29	20,24	20,26	20,36	20,38	
65	68	-19,85	-20,61	-19,10	-19,93	-19,84	-19,79	-19,8	-19,76	-19,78	-19,84	-19,85	
47	69	7,88	7,19	8,56	7,15	8,03	8,44	8,35	8,66	8,51	7,98	7,87	
49	69	7,43	6,71	8,15	6,74	7,57	7,96	7,88	8,17	8,03	7,53	7,43	
68	69	112,89	112,46	113,32	112,64	112,94	113,09	113,06	113,17	113,1	112,9	112,89	

Tabla 4.23. Potencia activa de la barra oscilante, flujo de potencia estocástico 13:00.

Barra	Flujo de potencia estocástico			Flujo de potencia normal							
	P[MW]										
	13:00	Lim inf	Lim sup	10:00	11:00	12:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00
69	448,84	430,77	466,92	430,67	452,53	462,79	460,51	468,19	464,5	451,4	448,73

4.2.4 Flujo de potencia estocástico 20:00

En esta prueba se simuló un flujo de potencia estocástico a las 20:00, se cubrió las variaciones que hay entre las 19:00 y 21:00. Se utilizó una desviación estándar del 4,18% para cubrir todas las variaciones de este escenario. Se corrieron flujos de potencia determinísticos para contrastar los resultados que se muestran en las tablas 4.25, 4.26, 4.27, 4.28, 4.29 y 4.30

Tabla 4.25. Magnitudes de voltaje, flujo de potencia estocástico 20:00.

Barra	Flujo de potencia estocástico			Flujo de potencia normal	
	Voltaje (p.u)				
	20:00	Lim inf	Lim sup	19:00	21:00
52	0,9597	0,9593	0,9601	0,9594	0,9605
53	0,9479	0,9476	0,9482	0,9477	0,9485
54	0,955	0,9550	0,9550	0,9550	0,9550
55	0,952	0,9520	0,9520	0,9520	0,9520
56	0,9540	0,9540	0,9540	0,9540	0,9540
57	0,9716	0,9714	0,9718	0,9715	0,9719
58	0,9607	0,9605	0,9610	0,9606	0,9613
59	0,985	0,9850	0,9850	0,9850	0,9850
60	0,9935	0,9934	0,9936	0,9934	0,9936
61	0,995	0,995	0,995	0,995	0,995
62	0,998	0,998	0,998	0,998	0,998
63	0,9696	0,9693	0,9699	0,9695	0,9699
64	0,9843	0,9841	0,9845	0,9842	0,9845
65	1,005	1,005	1,005	1,005	1,005
66	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05

Tabla 4.26. Ángulos de voltaje, flujo de potencia estocástico 20:00.

Barra	Flujo de potencia estocástico			Flujo de potencia normal	
	Angulo				
	20:00	Lim inf	Lim sup	19:00	21:00
52	16,7	16	17,4	16,4	17,6

53	15,9	15,2	16,6	15,6	16,8
54	16,6	15,9	17,4	16,4	17,5
55	16,4	15,7	17,1	16,1	17,3
56	16,6	15,8	17,3	16,3	17,5
57	17,5	16,9	18,2	17,3	18,4
58	16,8	16,2	17,5	16,6	17,7
59	19,9	19,2	20,7	19,7	20,6
60	23,1	22,5	23,7	22,9	23,6
61	23,8	23,2	24,5	23,7	24,3
62	23,3	22,7	23,9	23,2	23,8
63	22,8	22,2	23,4	22,6	23,3
64	24,3	23,7	24,9	24,2	24,7
65	27	26,6	27,4	26,9	27,2
66	26,7	26,2	27,2	26,6	26,9

Tabla 4.27. Potencia activa en elementos de transmisión, flujo de potencia estocástico 20:00.

L/T		Flujo de potencia estocástico			Flujo de potencia normal	
L/T		P[MW]				
Desde	Hasta	20:00	Lim inf	Lim sup	19:00	21:00
62	66	-31,64	-32,91	-30,37	-32,18	-29,89
62	67	-20,86	-22,25	-19,47	-21,2	-19,75
65	66	15,61	11,31	19,92	15,9	14,73
66	67	45,01	43,45	46,56	45,79	42,47
65	68	-20,55	-36,09	-5,01	-21,46	-17,74
47	69	-53,09	-55,74	-50,43	-54,11	-49,79
49	69	-45,16	-47,77	-42,55	-46,05	-42,32
68	69	-147,96	-162,81	-133,1	-151,26	-137,44

Tabla 4.28. Potencia reactiva en elementos de transmisión, flujo de potencia estocástico 20:00.

L/T		Flujo de potencia estocástico			Flujo de potencia normal	
L/T		Q[MVAR]				
Desde	Hasta	20:00	Lim inf	Lim sup	19:00	21:00
62	66	-18,87	-19,23	-18,5	-18,71	-19,69
62	67	-15,92	-16,26	-15,57	-15,77	-16,7
65	66	72,28	72,25	72,3	72,28	72,25
66	67	19,92	19,73	20,12	19,85	19,96

65	68	-19,52	-20,83	-18,2	-19,45	-20,92
47	69	10,56	9,35	11,77	11	8,03
49	69	9,98	8,71	11,25	10,41	7,47
68	69	113,88	113,05	114,71	114,06	112,62

Tabla 4.29. Potencia activa de la barra oscilante, flujo de potencia estocástico 20:00.

	Flujo de potencia estocástico			Flujo de potencia normal	
	P [MW]				
Barra	20:00	Lim inf	Lim sup	19:00	21:00
69	514,68	483,89	545,47	535,42	480,35

Tabla 4.30. Potencia reactiva de los generadores, flujo de potencia estocástico 20:00.

	Flujo de potencia estocástico			Flujo de potencia normal	
	Q[MVAR]				
Barra	20:00	Lim inf	Lim sup	19:00	21:00
69	-79,73	-81,85	-77,62	-80,71	-76,42
1	-34,13	-35,03	-33,24	-33,76	-35,32
4	-25,88	-26,3	-25,46	-26,01	-25,4
6	-8,55	-9,2	-7,91	-8,33	-9,26

4.2.5 Flujo de potencia estocástico a las 23:00

En esta prueba se simuló un flujo de potencia estocástico a las 23:00, se cubrió las variaciones que hay entre las 23:00 y 00:00. Se utilizó una desviación estándar del 11% para cubrir todas las variaciones de este escenario. Se corrieron flujos de potencia determinísticos para contrastar los resultados que se muestran en las tablas 4.31, 4.32, 4.33, 4.34, 4.35 y 4.36.

Tabla 4.31. Magnitudes de voltaje, flujo de potencia estocástico 23:00.

	Flujo de potencia estocástico			Flujo de potencia normal	
	Voltaje[p.u]				
Barras	23:00	Lim inf	Lim sup	22:00	0:00
86	0,9883	0,9879	0,9886	0,9880	0,9886
87	1,0150	1,0150	1,0150	1,0150	1,0150
88	0,9902	0,9899	0,9904	0,9897	0,9906
89	1,0050	1,0050	1,0050	1,0050	1,0050
90	0,9850	0,9850	0,985	0,9850	0,9850
91	0,9800	0,9800	0,98	0,9800	0,9800
92	0,9900	0,9900	0,99	0,9900	0,9900

93	0,9887	0,9885	0,9889	0,9882	0,9892
94	0,9938	0,9935	0,9941	0,9932	0,9945
95	0,9859	0,9854	0,9864	0,9850	0,9868
96	0,9971	0,9967	0,9975	0,9963	0,9979
97	1,0142	1,0140	1,0144	1,0137	1,0147
98	1,0254	1,0250	1,0257	1,0250	1,0257
99	1,01	1,0100	1,0100	1,0100	1,0100
100	1,017	1,0170	1,0170	1,0170	1,0170

Tabla 4.32. Ángulos de voltaje, flujo de potencia estocástico 23:00.

	Flujo de potencia estocástico			Flujo de potencia normal	
	Angulo [°]				
Barras	23:00	Lim inf	Lim sup	22:00	0:00
86	29,9	28,9	30,9	29,7	30,1
87	30	29	31	29,9	30,1
88	32,7	31,7	33,8	32,8	32,6
89	35,2	34,1	36,4	35,6	34,8
90	31,2	29,8	32,6	31,1	31,3
91	31,3	30	32,5	31,2	31,3
92	31,6	30,5	32,7	31,6	31,6
93	29,7	28,7	30,6	29,5	29,9
94	28,3	27,5	29,2	28	28,6
95	27,8	27	28,6	27,4	28,1
96	27,7	27	28,4	27,3	28
97	27,9	27,3	28,5	27,6	28,2
98	27,5	26,9	28,2	27,2	27,8
99	27,3	26,5	28,1	26,9	27,6
100	27,8	26,9	28,7	27,5	28,1

Tabla 4.33. Potencia activa en los elementos de transmisión, flujo de potencia estocástico 23:00.

		Flujo de potencia estocástico			Flujo de potencia normal	
L/T		P[MW]				
Desde	Hasta	23:00	Lim inf	Lim sup	22:00	0:00
62	66	-24,94	-26,59	-23,29	-27,27	-22,61
62	67	-16,58	-18,38	-14,78	-18,07	-15,08
65	66	12,61	7,13	18,08	13,54	11,79
66	67	35,3	33,29	37,3	38,67	31,93

65	68	-11,06	-30,91	8,79	-13,97	-8,55
47	69	-40,66	-44,11	-37,22	-44,91	-36,48
49	69	-34,48	-37,86	-31,1	-38,13	-30,91
68	69	-109,21	-128,24	-90,17	-122,18	-96,74

Tabla 4.34. Potencia reactiva en los elementos de transmisión, flujo de potencia estocástico 23:00.

		Flujo de potencia estocástico			Flujo de potencia normal	
L/T		Q[MVAR]				
Desde	Hasta	23:00	Lim inf	Lim sup	22:00	0:00
62	66	-20,71	-21,15	-20,27	-20,08	-21,33
62	67	-17,66	-18,09	-17,24	-17,07	-18,25
65	66	72,26	72,24	72,29	72,27	72,26
66	67	20,86	20,58	21,14	20,52	21,22
65	68	-20,08	-21,69	-18,47	-19,93	-20,19
47	69	5,42	3,99	6,86	7,13	3,8
49	69	5,11	3,62	6,6	6,72	3,58
68	69	112,08	111,26	112,9	112,63	111,59

Tabla 4.35. Potencia activa de la barra oscilante, flujo de potencia estocástico 23:00.

		Flujo de potencia estocástico		Flujo de potencia normal	
		P[MW]			
Barra	23:00	Lim inf	Lim sup	22:00	0:00
69	386,78	347,52	426,03	430,04	344,7

Tabla 4.36. Potencia reactiva en los generadores, flujo de potencia estocástico 23:00.

		Flujo de potencia estocástico		Flujo de potencia normal	
		Q[MVAR]			
Barra	23:00	Lim inf	Lim sup	22:00	0:00
69	-66,06	-69,58	-62,55	-71,1	-60,75
1	-38,59	-39,71	-37,47	-37,07	-40,08
4	-23,56	-24,12	-23	-24,51	-22,46
6	-11,12	-11,94	-10,31	-10,27	-11,94

4.3 Análisis de resultados

4.3.1 Voltajes

Para estas pruebas se consideró que las barras de voltaje controlado no van a tener ninguna variación, es por eso que muchos de los resultados en esta sección muestran que su valor esperado es igual a los límites de confianza.

Los límites de confianza de las magnitudes de voltaje que se obtuvieron mediante el flujo de potencia estocástico no fueron tan dispersos con respecto a su valor medio, esto sucedió porque las desviaciones estándar de demanda eléctrica que se ingresaron en la matriz V fueron pequeñas, se notó límites más dispersos en el escenario de las 23:00, debido a que la medida de dispersión de demanda eléctrica que se utilizó fue la más grande de todos los escenarios, comparando estos resultados con los obtenidos a través de los flujos de potencia tradicionales se observó que tampoco hay cambios de gran relevancia.

Todas las barras (a excepción de la oscilante) sufren cambios debido a la incertidumbre de la demanda, pero de la misma forma que sucede con las magnitudes de voltaje, dichos cambios no son significativos, en los ángulos de voltaje, las alteraciones que se presentan en estas variables eléctricas son de uno o dos grados.

Contrastando los resultados de flujos de potencia estocásticos con los flujos de potencia determinísticos, se observó que estos últimos se encuentran dentro del intervalo confianza que se obtiene en un flujo de potencia estocástico, con mayor claridad se puede contemplar en la tabla 4.19 y 4.20. En algunos casos hay resultados determinísticos que se encuentran fuera de los límites de confianza, sin embargo la distancia que los separa es mínima.

4.3.2 Elementos de transmisión

En el caso de la potencia reactiva de los elementos de transmisión, los límites de confianza son muy cercanos a su valor esperado, con estos resultados se puede decir que no hay mayores cambios de potencia reactiva debido a la incertidumbre de la demanda eléctrica. Lo contrario sucede si se ingresa desviaciones estándar de voltajes de generación, como se observó en el capítulo anterior, pequeñas variaciones de estos voltajes produce grandes alteraciones en los elementos de transmisión.

Las desviaciones estándar de la potencia activa de los elementos de transmisión que se encuentran conectados a la barra oscilante fueron las de valor más alto, sobre todo el elemento que está conectado entre la barra 68 y 69 (barra oscilante).

Los resultados obtenidos en los flujos de potencia determinísticos se encuentran dentro del intervalo de confianza, los mismos que fueron determinados por el flujo de potencia estocástico. Cabe indicar en el escenario de las 23:00 que los resultados de flujo de potencia determinísticos son valores similares a los obtenidos por el flujo de potencia estocástico.

4.3.3 Barra oscilante

La barra oscilante es la unidad generadora que trata de compensar todos los cambios que suceden en el sistema, por esta razón la desviación estándar de la barra oscilante es la más alta en todo los escenarios. En el escenario de las 13:00, el intervalo de confianza de la barra oscilante abarca todas variaciones de los periodos de esa agrupación, mientras que en el escenario de las 23:00, los límites de confianza son estimaciones cercanas a los resultados obtenidos por un flujo de potencia determinístico.

4.3.4 Potencia reactiva de los generadores

La potencia reactiva de los generadores no se ve afectada ante variaciones de la demanda, los límites de confianza que se obtuvieron con el flujo de potencia estocástico son muy cercanos a su valor medio, se puede tener distintos resultados si se modela con incertidumbres en los voltajes de generación, ya que pequeños cambios en estos voltajes produce grandes alteraciones de potencia reactiva en los generadores.

4.3.5 Margen de error

En todos los escenarios, al momento de comparar los límites de confianza con los resultados obtenidos por los flujos de potencia convencionales, se pudo observar que hay valores que se encuentran fuera de los límites de confianza y están marcados con texto rojo. Hay que indicar que la solución dada por un flujo de potencia estocástico son estimaciones y que siempre van a tener un margen de error. Este margen de error puede incrementarse si las variaciones del valor medio (demanda eléctrica) son muy dispersas o lejanas a este valor. En la potencia activa de los elementos de transmisión se pudo evidenciar este margen de error, cuando se consideró una dispersión de la demanda del 24% de su valor medio en el escenario de las 19:00 hubo un error del 18%. Mientras que para una desviación estándar de un 10% este valor se disminuyó a un 6%. En las otras variables también hubo un porcentaje, pero de menor magnitud.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

En la planificación de corto plazo, el flujo de potencia estocástico, entrega resultados más útiles y relevantes que los que son determinados por un flujo de potencia convencional tanto para el planificador como para el operador.

Un flujo de potencia estocástico equivale a varios flujos de potencia determinísticos, esta herramienta de software ayuda en la planificación de corto plazo, porque tanto el operador como el planificador tienen conocimiento de cómo están cambiando las variables eléctricas debido a la variación de la demanda dentro de cada periodo.

Un flujo de potencia determinístico determina las variables de estado y flujos de potencia en los elementos de transmisión e indica una condición puntual del sistema eléctrico, mientras que un flujo de potencia estocástico permite obtener el valor esperado y un rango alrededor de dicho valor esperado.

La barra oscilante asume todas las variaciones en el sistema en cada análisis eléctrico y periodo del día, es por eso que su medida de dispersión tiene un valor alto, al igual que los elementos de transmisión que están conectadas a esa barra.

Al momento de aumentar la desviación estándar de la potencia activa y reactiva de la carga, se pudo comprobar que las desviaciones estándar de las variables de estado y elementos de transmisión aumentan de manera lineal.

Cuando se simula un flujo de potencia estocástico considerando variaciones en los voltajes de generación, tienen efecto directamente en los rangos de variación de potencia reactiva de los elementos de transmisión y generadores.

El flujo de potencia estocástico simplifica los 24 análisis eléctricos que se tendrían que hacer en la planificación de corto plazo, consiguiendo que haya una reducción de esfuerzos de profesionales y una mejor evaluación de la información.

Se propuso una agrupación de periodos y un rango de variación en la demanda eléctrica predeterminados en un sistema de 118 barras, y se comprobó que muchos de los resultados de un flujo de potencia determinístico están dentro de los intervalos de confianza obtenidos por un flujo de potencia estocástico.

La agrupación de los periodos, para simular flujos de potencia estocástico puede cambiar debido a que la curva de demanda de un día de la semana es distinta a la de un fin de semana

Las mejores estimaciones de las variables eléctricas mediante un flujo de potencia estocástico siempre serán aquellas donde la incertidumbre de las variables de entrada sean cero, y estas estimaciones coincidirán con aquellas que se determinó por un flujo de potencia determinístico.

5.2 Recomendaciones

Se recomienda que al utilizar el flujo de potencia estocástico considerando variaciones en voltajes de generación, se lo realice en base a datos históricos o experiencia profesional, porque hay alta sensibilidad en la potencia reactiva.

En la planificación de corto plazo, utilizando un flujo de potencia estocástico, es conveniente seleccionar un periodo como valor medio, y las variaciones alrededor de este mismo periodo estén aumentando y disminuyendo.

Si el flujo de potencia estocástico se lo va utilizar para la planificación de largo plazo, es necesario que se haga una modelación completa de la matriz V mediante coeficientes de relación entre barras en los elementos no diagonales de esta matriz.

Se recomienda simular flujos de potencia estocástico con desviaciones estándar de la demanda eléctrica hasta un 10%, debido a que hay un margen de error considerable cuando se sobrepasa este porcentaje

6. Bibliografía

- [1] O. W. H. A. P. C. J. F. P. O. E. S. K. A., «Analysis of the Load Flow Problem in Power System Planning Studies,» Scientific Research , 30 Septiembre 2015. [En línea]. Available: http://file.scirp.org/Html/7-6201867_60124.htm. [Último acceso: 10 Enero 2018].
- [2] J. Grainger, Analisis de sistemas de Potencia, Mexico: McGRAW-Hill/INTERAMERICANA DE MEXICO, 1996.
- [3] G. Arguello, «ANALISIS DE CONTROL DE SISTEMAS ELECTRICOS DE POTENCA,» 1988. [En línea]. Available: bibdigital.epn.edu.ec/ANALISIS%20CONTROL%20SISTEMAS%20ELECTRICOS.pdf. [Último acceso: 19 JUNIO 2017].
- [4] R. Guijarro, «Flujo de potencia estocastico,» Agosto 1984. [En línea]. Available: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/9417>. [Último acceso: 24 Enero 2018].
- [5] E. Montoya, «ESTUDIOS ESTOCASTICOS DE CARGABILIDAD DE LINEAS DE TRANSMISION,» 2008. [En línea]. Available: www.sepielectrica.com. [Último acceso: 20 Junio 2017].
- [6] E. Galindo, Estadística, metodos y aplicaciones, Quito: PROCIENCIA EDITORES, 2008.
- [7] M. Sedano, «Distribucion normal,» 2006. [En línea]. Available: https://www.uoc.edu/in3/emath/docs/Distrib_Normal.pdf. [Último acceso: Enero 2018].
- [8] B. Borcowska, «Probabilistic load Flow,» 1974. [En línea]. Available: <http://ieeexplore.ieee.org/document/4075419/>. [Último acceso: 2017 Mayo].
- [9] W. Mathworld, «Wolfram Mathworld, Bernoulli Distribution,» [En línea]. Available: <http://mathworld.wolfram.com/BernoulliDistribution.html>.
- [10] Wikiwand, «Distribucion de probabilidades,» [En línea]. Available: <http://www.wikiwand.com>. [Último acceso: 3 Febrero 2018].
- [11] S. Perez, «Teoria de los minimos cuadrados,» [En línea]. Available: <https://upcommons.upc.edu/bitstream/>. [Último acceso: 26 Enero 2018].
- [12] O. Klitin, «Sthocastic load flows,» Marzo 1976. [En línea]. Available: <http://ieeexplore.ieee.org/document/162115/>. [Último acceso: 15 Abril 2017].
- [13] R. Allan, «Probabilistic AC load flow,» Junio 1976. [En línea]. Available: <http://ieeexplore.ieee.org/document/5253993/>. [Último acceso: 10 abril 2017].
- [14] «Identificación de parámetros de líneas de transmisión usando estimación de estado,» 13 Abril 2010. [En línea]. Available: <http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=>. [Último acceso:

12 febrero 2018].

[15] S. M. P. Londono, «Propuesta para la identificación y monitoreo de áreas debiles de media tension,» [En línea]. Available: <http://www.bdigital.unal.edu.co>. [Último acceso: 1 Febrero 2018].

[16] C. Christian, «Estado del arte de Flujos de carga probabilistico,» 18 Abril 2017. [En línea].

7. ANEXOS

ANEXO I Manejo de la herramienta de software para el usuario.

El programa para un flujo de potencia considerando la variación estocástica de la demanda en la planificación de corto plazo, fue desarrollado en archivos M-file de Matlab, se hizo un enlace directo con MATPOWER y se elaboró una interfaz gráfica para que la herramienta de software sea más amigable con el usuario.

Como anexo digital, se presentan los siguientes ítems

- Código fuente del programa desarrollado en Matlab.
- Ejecutable del programa de flujos de potencia considerando la variación estocástico de la demanda en la planificación de corto plazo.

Estructura del programa

El programa está conformado por tres ventanas

- *Ventana principal:* Esta ventana está compuesta por títulos y un botón para comenzar y continuar con el programa como se muestra en la figura A1.1, ya que abre una segunda ventana.



Figura A1.1. Ventana principal del programa.

- *Segunda ventana:* La segunda ventana muestra los parámetros de entrada que tienen que ser ingresados para simular un flujo de potencia estocástico como se muestra en la figura A1.2.

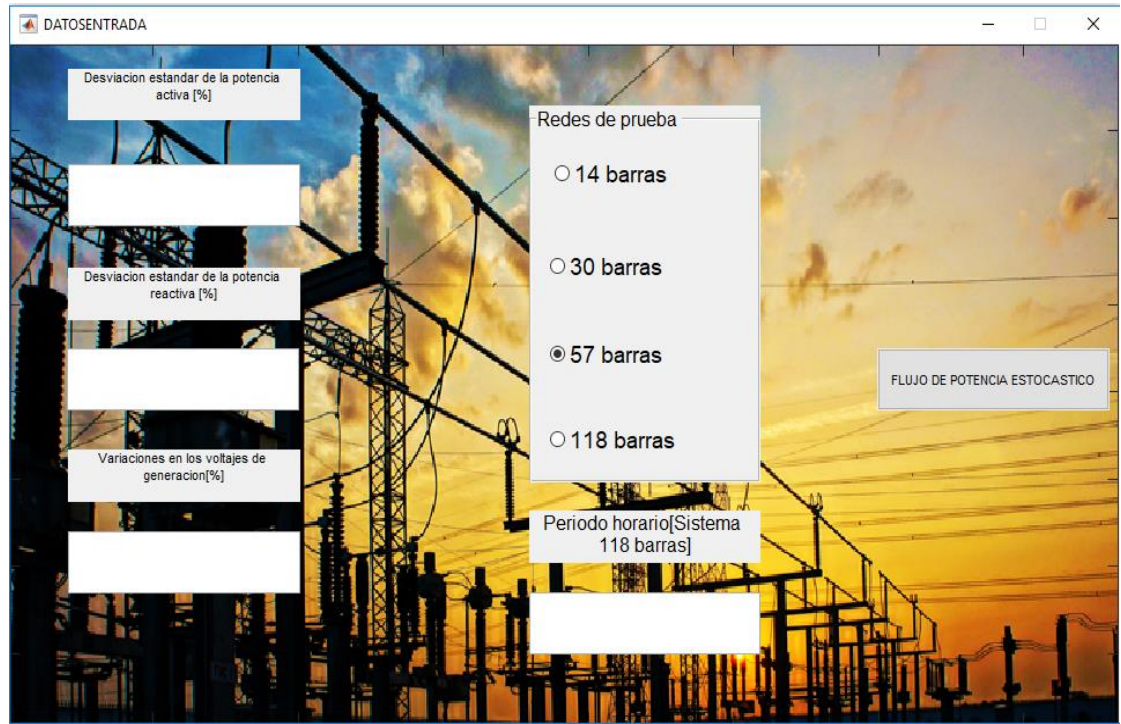


Figura A1.2. Datos de entrada.

- *Tercera ventana:* En esta ventana se obtienen los resultados obtenidos de un flujo de potencia estocástico como se muestra en la figura A1.3. Esta ventana muestra resultados de voltajes, elementos de transmisión, potencia oscilante y potencia reactiva de generadores. El usuario tiene como opción un botón, si es que sus datos necesitan que sean exportados a Excel.

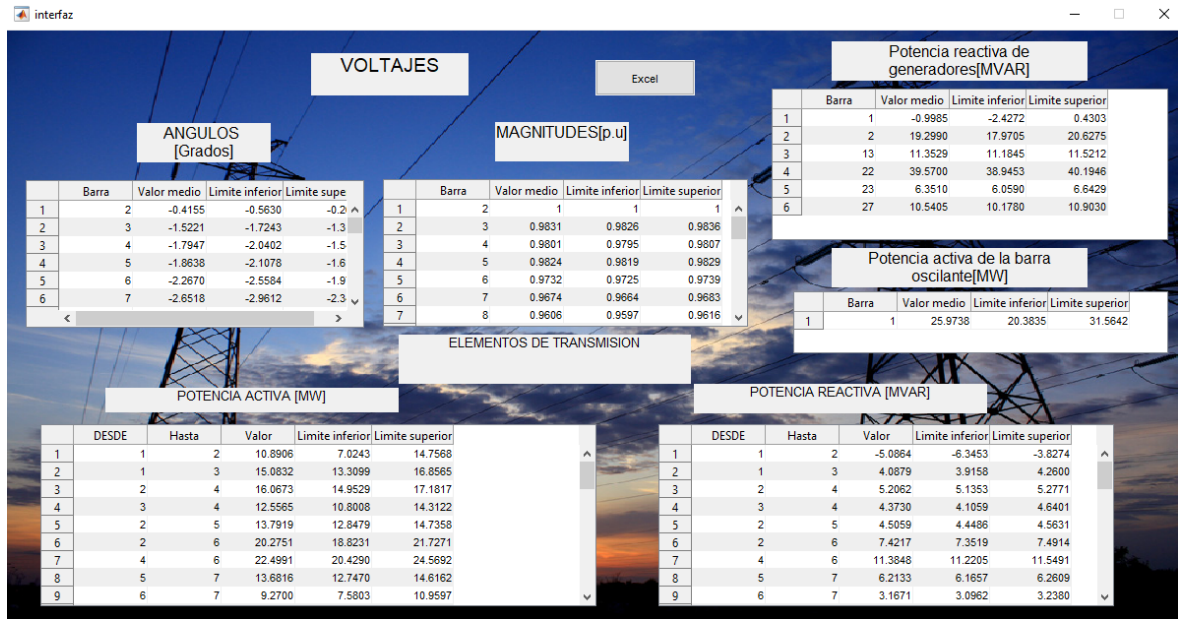


Figura A1.3. Resultados obtenidos del programa.

Datos de entrada

En la figura A1.2 se mostró los datos de entrada que hay ingresar para simular un flujo de potencia estocástico, a continuación se muestra que son cada uno de estos parámetros:

En la figura A1.4 se ingresa la desviación estándar de la potencia activa, es decir de la demanda eléctrica.

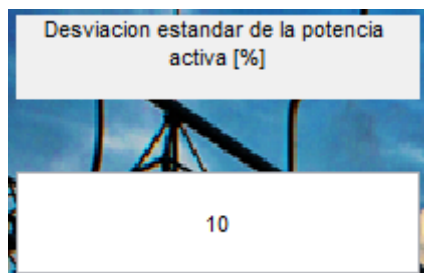


Figura A1.4. Desviación estándar de la potencia activa.

En la figura A1.5 se ingresa la desviación estándar de la potencia reactiva:

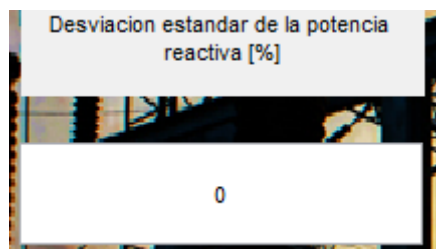


Figura A1.5. Desviación estándar de la potencia reactiva.

En la figura A1.6 se ingresa la desviación estándar de los voltajes de generación (opcional), se recomienda que si se utiliza esta opción, sea con un criterio técnico del profesional, ya que este parámetro está ligado directamente con la potencia reactiva de elementos de transmisión y generadores.

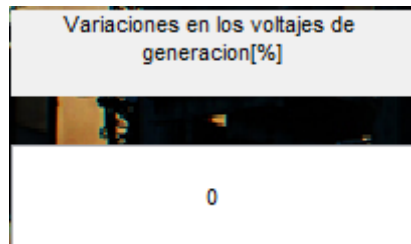


Figura A1.6. Desviación estándar de los voltajes de generación.

En la figura A1.7 se tiene la opción de elegir el sistema eléctrico de prueba, hay que mencionar que para la aplicación en la planificación de corto plazo, es exclusivamente en el sistema de 118 barras.

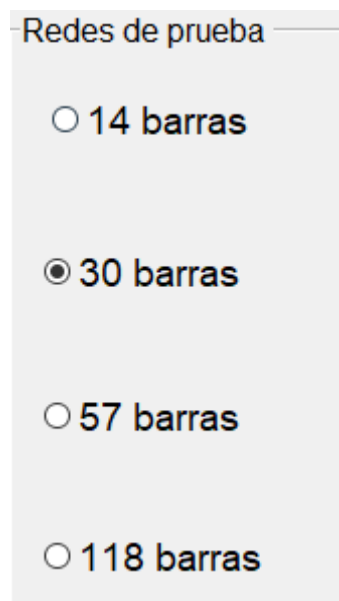


Figura A1.7. Sistemas eléctricos de prueba.

En la figura A1.8 se muestra el espacio para elegir el periodo horario donde se desea simular el flujo de potencia estocástico, esto valor puede estar entre 1 y 24, ya que representan a las horas de un día. Igualmente este parámetro tendrá validez cuando se escoja el sistema de 118 barras.

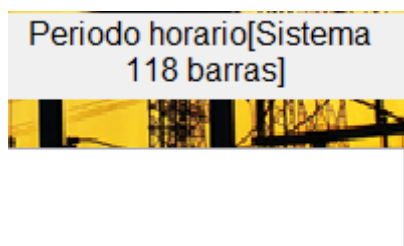


Figura A1.8. Sistemas eléctricos de prueba.

ANEXO II Flujos de potencia estocástico considerando la curva de demanda de sábado y domingo.

Tabla A2.2 Demanda, Domingo.

Periodos Horarios	Demanda[MW]	Variaciones[%]
1	2264,46	105,82
2	2174,62	101,62
3	2139,95	100,00
4	2101,62	98,21
5	2107,11	98,47
6	2141,51	100,07
7	2019,27	94,36
8	2245,98	104,95
9	2469,80	95,18
10	2617,14	100,86
11	2688,05	103,59
12	2715,07	104,63
13	2686,95	103,55
14	2635,05	101,55
15	2594,87	100,00
16	2550,47	98,29
17	2535,74	97,72
18	2543,07	98,00
19	3111,42	101,13
20	3076,54	100,00
21	2963,01	96,31
22	2770,61	108,21
23	2560,46	100,00
24	2376,81	92,83

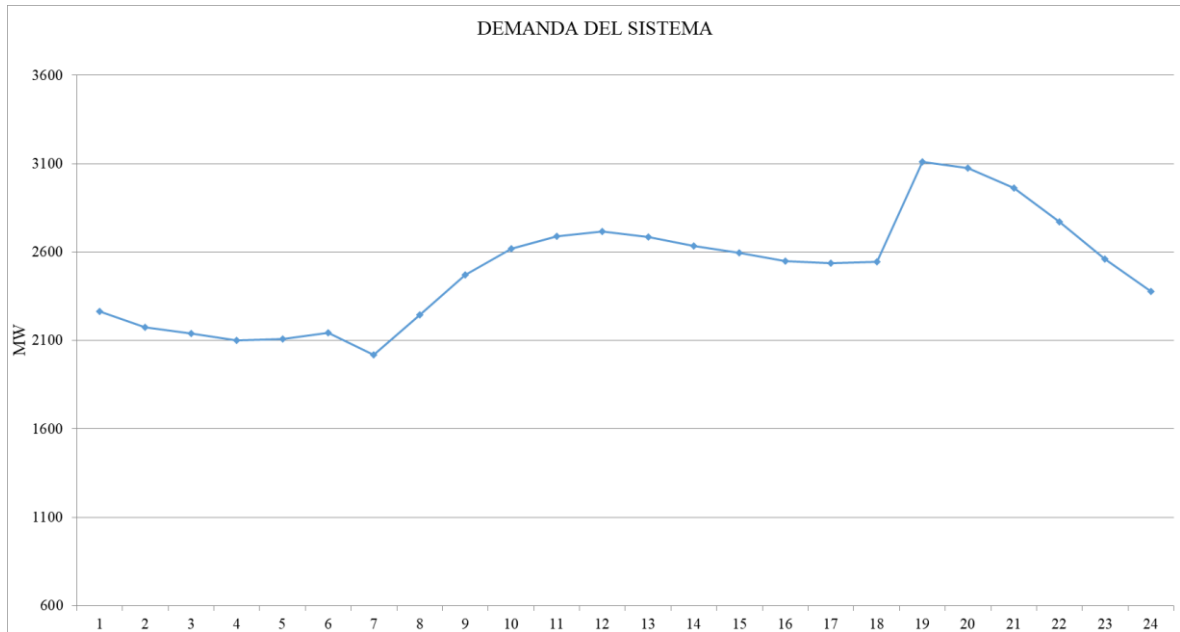


Tabla A2.2. Magnitudes de voltaje, flujo de potencia estocástico 03:00.

Barra	Flujo de potencia estocastico			Flujo de potencia normal						
	Voltajes									
	3:00	Lim_inf	Lim_sup	1:00	2:00	4:00	5:00	6:00	7:00	8:00
1	0,9550	0,9550	0,9550	0,9550	0,9550	0,9550	0,9550	0,9550	0,9550	0,9550
2	0,9724	0,9723	0,9725	0,9726	0,9727	0,9727	0,9727	0,9727	0,9727	0,9726
3	0,9687	0,9686	0,9687	0,9688	0,9688	0,9689	0,9689	0,9689	0,9689	0,9688
4	0,9980	0,9980	0,9980	0,9980	0,9980	0,9980	0,9980	0,9980	0,9980	0,9980
5	1,0013	1,0013	1,0013	1,0011	1,0010	1,0010	1,0010	1,0010	1,0009	1,0011
6	0,9900	0,9900	0,9900	0,9900	0,9900	0,9900	0,9900	0,9900	0,9900	0,9900
7	0,9895	0,9895	0,9895	0,9896	0,9896	0,9896	0,9896	0,9896	0,9896	0,9896
8	1,0150	1,0150	1,0150	1,0150	1,0150	1,0150	1,0150	1,0150	1,0150	1,0150
9	1,0487	1,0487	1,0487	1,0494	1,0496	1,0497	1,0497	1,0497	1,0499	1,0495
10	1,0500	1,0500	1,0500	1,0500	1,0500	1,0500	1,0500	1,0500	1,0500	1,0500

Tabla A2.3. Angulos de voltaje, flujo de potencia estocástico 03:00, sábado.

Barra	Flujo de potencia estocastico			Flujo de potencia normal						
	Angulos									
	3:00	Lim_inf	Lim_sup	1:00	2:00	4:00	5:00	6:00	7:00	8:00
1	17,55	16,96	18,15	19,35	19,83	20,22	20,19	20,01	20,66	19,45
2	17,76	17,18	18,34	19,49	19,96	20,33	20,30	20,13	20,75	19,59
3	17,98	17,40	18,57	19,69	20,15	20,52	20,49	20,31	20,93	19,79
4	20,08	19,52	20,64	21,47	21,84	22,14	22,11	21,97	22,47	21,55
5	20,34	19,78	20,90	21,69	22,05	22,34	22,32	22,19	22,67	21,77
6	18,74	18,16	19,31	20,31	20,73	21,07	21,04	20,88	21,45	20,40
7	18,47	17,90	19,04	20,08	20,51	20,85	20,83	20,66	21,24	20,17
8	23,38	22,85	23,92	24,35	24,60	24,81	24,79	24,70	25,03	24,40

9	27,61	27,07	28,14	28,01	28,11	28,19	28,19	28,15	28,28	28,03
10	32,09	31,56	32,62	31,93	31,87	31,83	31,83	31,85	31,77	31,92

Tabla A2.4. Potencia Activa, flujo de potencia estocástico 03:00, sábado.

		Flujo de potencia estocastico			Flujo de potencia normal							
L/T		Potencia activa[MW]										
Desde	Hasta	3:00	Lim_inf	Lim_sup	1:00	2:00	4:00	5:00	6:00	7:00	8:00	
47	69	-31,34	-32,94	-29,74	-33,18	-31,85	-30,77	-30,85	-31,36	-29,57	-32,90	
49	69	-26,53	-28,10	-24,96	-28,10	-26,97	-26,05	-26,12	-26,55	-25,03	-27,86	
68	69	-81,82	-90,61	-73,03	-87,10	-83,28	-80,22	-80,45	-81,89	-76,80	-86,31	

Tabla A2.5. Potencia reactiva, flujo de potencia estocástico 03:00, sábado.

		Flujo de potencia estocastico			Flujo de potencia normal							
L/T		Potencia reactiva[MVAR]										
Desde	Hasta	3:00	Lim_inf	Lim_sup	1:00	2:00	4:00	5:00	6:00	7:00	8:00	
47	69	1,26	1,88	2,50	2,56	2,07	1,67	1,70	1,89	1,24	2,46	
49	69	1,15	1,79	2,43	2,42	1,96	1,59	1,62	1,79	1,19	2,32	
68	69	110,77	111,07	111,38	111,25	111,12	111,02	111,03	111,08	110,91	111,22	

Tabla A2.6. Magnitudes de voltaje, flujo de potencia estocástico 15:00, sábado.

		Flujo de potencia estocastico			Flujo de potencia normal								
		Voltajes											
Barra	15:00	Lim_inf	Lim_sup	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	16:00	17:00	18:00	
1	0,9550	0,9550	0,9550	0,9550	0,9550	0,9550	0,9550	0,9550	0,9550	0,9550	0,9550	0,9550	
2	0,9724	0,9723	0,9725	0,9725	0,9724	0,9723	0,9723	0,9723	0,9724	0,9724	0,9724	0,9724	
3	0,9687	0,9686	0,9687	0,9687	0,9686	0,9686	0,9686	0,9686	0,9686	0,9687	0,9687	0,9687	
4	0,9980	0,9980	0,9980	0,9980	0,9980	0,9980	0,9980	0,9980	0,9980	0,9980	0,9980	0,9980	
5	1,0013	1,0013	1,0013	1,0012	1,0013	1,0013	1,0013	1,0013	1,0013	1,0013	1,0012	1,0012	
6	0,9900	0,9900	0,9900	0,9900	0,9900	0,9900	0,9900	0,9900	0,9900	0,9900	0,9900	0,9900	
7	0,9895	0,9895	0,9895	0,9895	0,9895	0,9895	0,9895	0,9895	0,9895	0,9895	0,9895	0,9895	
8	1,0150	1,0150	1,0150	1,0150	1,0150	1,0150	1,0150	1,0150	1,0150	1,0150	1,0150	1,0150	
9	1,0487	1,0487	1,0487	1,0490	1,0486	1,0485	1,0484	1,0485	1,0486	1,0488	1,0488	1,0488	
10	1,0500	1,0500	1,0500	1,0500	1,0500	1,0500	1,0500	1,0500	1,0500	1,0500	1,0500	1,0500	

Tabla A2.7. Angulo, flujo de potencia estocástico 15:00, sábado.

		Flujo de potencia estocastico			Flujo de potencia normal								
		Angulos											
Barra	3:00	Lim_inf	Lim_sup	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	16:00	17:00	18:00	
1	17,55	16,96	18,15	18,24	17,43	17,04	16,89	17,04	17,33	17,80	17,88	17,84	
2	17,76	17,18	18,34	18,42	17,64	17,26	17,12	17,27	17,55	18,00	18,08	18,04	
3	17,98	17,40	18,57	18,63	17,86	17,49	17,35	17,50	17,77	18,21	18,29	18,25	
4	20,08	19,52	20,64	20,61	19,99	19,68	19,56	19,69	19,91	20,27	20,33	20,30	
5	20,34	19,78	20,90	20,86	20,25	19,95	19,84	19,96	20,17	20,53	20,59	20,56	
6	18,74	18,16	19,31	19,34	18,63	18,28	18,15	18,29	18,54	18,95	19,02	18,99	
7	18,47	17,90	19,04	19,08	18,36	18,01	17,87	18,01	18,27	18,69	18,76	18,72	
8	23,38	22,85	23,92	23,76	23,32	23,10	23,02	23,11	23,26	23,52	23,56	23,54	
9	27,61	27,07	28,14	27,77	27,58	27,48	27,45	27,48	27,55	27,66	27,68	27,67	
10	32,09	31,56	32,62	32,03	32,10	32,13	32,14	32,13	32,11	32,07	32,07	32,07	

Tabla A2.8. Potencia Activa, flujo de potencia estocástico 15:00, sábado.

		Flujo de potencia estocástico			Flujo de potencia normal								
L/T		Potencia activa[MW]											
Desde	Hasta	3:00	Lim_inf	Lim_sup	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	16:00	17:00	18:00
47	69	-38,13	-39,74	-36,51	-36,243	-38,46	-39,5	-39,952	-39,5243	-38,736	-37,457	-37,2347198	-37,3452184
49	69	-32,31	-33,90	-30,73	-30,706	-32,6	-33,5	-33,874	-33,5081	-32,835	-31,742	-31,5526061	-31,6468953
68	69	-101,60	-110,53	-92,67	-96,03	-102,6	-106	-107,05	-105,77	-103,41	-99,612	-98,9552166	-99,2820172

Tabla A2.8. Potencia reactiva, flujo de potencia estocástico 15:00, sábado.

		Flujo de potencia estocástico			Flujo de potencia normal								
L/T		Potencia reactiva[MW]											
Desde	Hasta	3:00	Lim_inf	Lim_sup	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	16:00	17:00	18:00
47	69	3,77	4,43	5,10	3,71	4,56	4,98	5,14	4,98	4,67	4,17	4,09	4,13
49	69	3,49	4,18	4,86	3,50	4,30	4,69	4,84	4,69	4,40	3,93	3,85	3,89
68	69	111,41	111,78	112,14	111,57	111,82	111,94	111,99	111,94	111,85	111,70	111,68	111,69

Tabla A2.9. Magnitudes de voltaje, flujo de potencia estocástico 20:00, sábado.

Barra	Flujo de potencia estocástico			Flujo de potencia normal	
	Voltaje (p.u)				
	20:00	Lim inf	Lim sup	19:00	21:00
52	0,9597	0,9593	0,9601	0,9594	0,9605
53	0,9479	0,9476	0,9482	0,9477	0,9485
54	0,955	0,9550	0,9550	0,9550	0,9550
55	0,952	0,9520	0,9520	0,9520	0,9520
56	0,9540	0,9540	0,9540	0,9540	0,9540
57	0,9716	0,9714	0,9718	0,9715	0,9719
58	0,9607	0,9605	0,9610	0,9606	0,9613
59	0,985	0,9850	0,9850	0,9850	0,9850
60	0,9935	0,9934	0,9936	0,9934	0,9936
61	0,995	0,995	0,995	0,995	0,995
62	0,998	0,998	0,998	0,998	0,998
63	0,9696	0,9693	0,9699	0,9695	0,9699
64	0,9843	0,9841	0,9845	0,9842	0,9845
65	1,005	1,005	1,005	1,005	1,005
66	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05

Tabla 4.26. Ángulos de voltaje, flujo de potencia estocástico 20:00, sábado.

Barra	Flujo de potencia estocástico			Flujo de potencia normal	
	Angulo				
	20:00	Lim inf	Lim sup	19:00	21:00
52	16,7	16	17,4	16,4	17,6
53	15,9	15,2	16,6	15,6	16,8
54	16,6	15,9	17,4	16,4	17,5

55	16,4	15,7	17,1	16,1	17,3
56	16,6	15,8	17,3	16,3	17,5
57	17,5	16,9	18,2	17,3	18,4
58	16,8	16,2	17,5	16,6	17,7
59	19,9	19,2	20,7	19,7	20,6
60	23,1	22,5	23,7	22,9	23,6
61	23,8	23,2	24,5	23,7	24,3
62	23,3	22,7	23,9	23,2	23,8
63	22,8	22,2	23,4	22,6	23,3
64	24,3	23,7	24,9	24,2	24,7
65	27	26,6	27,4	26,9	27,2
66	26,7	26,2	27,2	26,6	26,9

Tabla A2.10. Potencia activa en elementos de transmisión, flujo de potencia estocástico 20:00 sábado.

		Flujo de potencia estocástico			Flujo de potencia normal	
L/T		P[MW]				
Desde	Hasta	20:00	Lim inf	Lim sup	19:00	21:00
62	66	-31,64	-32,91	-30,37	-32,18	-29,89
62	67	-20,86	-22,25	-19,47	-21,2	-19,75
65	66	15,61	11,31	19,92	15,9	14,73
66	67	45,01	43,45	46,56	45,79	42,47
65	68	-20,55	-36,09	-5,01	-21,46	-17,74
47	69	-53,09	-55,74	-50,43	-54,11	-49,79
49	69	-45,16	-47,77	-42,55	-46,05	-42,32
68	69	-147,96	-162,81	-133,1	-151,26	-137,44

Tabla A2.11. Potencia reactiva en elementos de transmisión, flujo de potencia estocástico 20:00 sábado .

		Flujo de potencia estocástico			Flujo de potencia normal	
L/T		Q[MVAR]				
Desde	Hasta	20:00	Lim inf	Lim sup	19:00	21:00
62	66	-18,87	-19,23	-18,5	-18,71	-19,69
62	67	-15,92	-16,26	-15,57	-15,77	-16,7
65	66	72,28	72,25	72,3	72,28	72,25
66	67	19,92	19,73	20,12	19,85	19,96
65	68	-19,52	-20,83	-18,2	-19,45	-20,92
47	69	10,56	9,35	11,77	11	8,03

49	69	9,98	8,71	11,25	10,41	7,47
68	69	113,88	113,05	114,71	114,06	112,62

Tabla A2.12. Potencia activa de la barra oscilante, flujo de potencia estocástico 20:00 sábado.

Barra	Flujo de potencia estocástico			Flujo de potencia normal	
	P [MW]				
	20:00	Lim inf	Lim sup	19:00	21:00
69	514,68	483,89	545,47	535,42	480,35

Tabla A2.13. Potencia reactiva de los generadores, flujo de potencia estocástico 20:00 sábado.

Barra	Flujo de potencia estocástico			Flujo de potencia normal	
	Q[MVAR]				
	20:00	Lim inf	Lim sup	19:00	21:00
69	-79,73	-81,85	-77,62	-80,71	-76,42
1	-34,13	-35,03	-33,24	-33,76	-35,32
4	-25,88	-26,3	-25,46	-26,01	-25,4
6	-8,55	-9,2	-7,91	-8,33	-9,26

Tabla A2.14. Magnitudes de voltaje, flujo de potencia estocástico 23:00, sábado.

Barras	Flujo de potencia estocástico			Flujo de potencia normal	
	Voltaje[p.u]				
	23:00	Lim inf	Lim sup	22:00	0:00
86	0,9883	0,9879	0,9886	0,9880	0,9886
87	1,0150	1,0150	1,0150	1,0150	1,0150
88	0,9902	0,9899	0,9904	0,9897	0,9906
89	1,0050	1,0050	1,0050	1,0050	1,0050
90	0,9850	0,9850	0,985	0,9850	0,9850
91	0,9800	0,9800	0,98	0,9800	0,9800
92	0,9900	0,9900	0,99	0,9900	0,9900
93	0,9887	0,9885	0,9889	0,9882	0,9892
94	0,9938	0,9935	0,9941	0,9932	0,9945
95	0,9859	0,9854	0,9864	0,9850	0,9868
96	0,9971	0,9967	0,9975	0,9963	0,9979
97	1,0142	1,0140	1,0144	1,0137	1,0147
98	1,0254	1,0250	1,0257	1,0250	1,0257
99	1,01	1,0100	1,0100	1,0100	1,0100

100	1,017	1,0170	1,0170	1,0170	1,0170
-----	-------	--------	--------	--------	--------

Tabla A2.15. Ángulos de voltaje, flujo de potencia estocástico 23:00 sábado.

	Flujo de potencia estocástico			Flujo de potencia normal	
	Angulo [°]				
Barras	23:00	Lim inf	Lim sup	22:00	0:00
86	29,9	28,9	30,9	29,7	30,1
87	30	29	31	29,9	30,1
88	32,7	31,7	33,8	32,8	32,6
89	35,2	34,1	36,4	35,6	34,8
90	31,2	29,8	32,6	31,1	31,3
91	31,3	30	32,5	31,2	31,3
92	31,6	30,5	32,7	31,6	31,6
93	29,7	28,7	30,6	29,5	29,9
94	28,3	27,5	29,2	28	28,6
95	27,8	27	28,6	27,4	28,1
96	27,7	27	28,4	27,3	28
97	27,9	27,3	28,5	27,6	28,2
98	27,5	26,9	28,2	27,2	27,8
99	27,3	26,5	28,1	26,9	27,6
100	27,8	26,9	28,7	27,5	28,1

Tabla A2.16. Potencia activa en los elementos de transmisión, flujo de potencia estocástico 23:00.

		Flujo de potencia estocástico			Flujo de potencia normal	
L/T		P[MW]				
Desde	Hasta	23:00	Lim inf	Lim sup	22:00	0:00
62	66	-24,94	-26,59	-23,29	-27,27	-22,61
62	67	-16,58	-18,38	-14,78	-18,07	-15,08
65	66	12,61	7,13	18,08	13,54	11,79
66	67	35,3	33,29	37,3	38,67	31,93
65	68	-11,06	-30,91	8,79	-13,97	-8,55
47	69	-40,66	-44,11	-37,22	-44,91	-36,48
49	69	-34,48	-37,86	-31,1	-38,13	-30,91
68	69	-109,21	-128,24	-90,17	-122,18	-96,74

Tabla A2.17. Potencia reactiva en los elementos de transmisión, flujo de potencia estocástico 23:00.

		Flujo de potencia estocástico			Flujo de potencia normal	
L/T		Q[MVAR]				
Desde	Hasta	23:00	Lim inf	Lim sup	22:00	0:00
62	66	-20,71	-21,15	-20,27	-20,08	-21,33
62	67	-17,66	-18,09	-17,24	-17,07	-18,25
65	66	72,26	72,24	72,29	72,27	72,26
66	67	20,86	20,58	21,14	20,52	21,22
65	68	-20,08	-21,69	-18,47	-19,93	-20,19
47	69	5,42	3,99	6,86	7,13	3,8
49	69	5,11	3,62	6,6	6,72	3,58
68	69	112,08	111,26	112,9	112,63	111,59

Tabla A2.18. Potencia activa de la barra oscilante, flujo de potencia estocástico 23:00.

		Flujo de potencia estocástico			Flujo de potencia normal	
		P[MW]				
Barra	23:00	Lim inf	Lim sup	22:00	0:00	
69	386,78	347,52	426,03	430,04	344,7	

Tabla A2.19. Potencia reactiva en los generadores, flujo de potencia estocástico 23:00 sábado.

		Flujo de potencia estocástico			Flujo de potencia normal	
		Q[MVAR]				
Barra	23:00	Lim inf	Lim sup	22:00	0:00	
69	-66,06	-69,58	-62,55	-71,1	-60,75	
1	-38,59	-39,71	-37,47	-37,07	-40,08	
4	-23,56	-24,12	-23	-24,51	-22,46	
6	-11,12	-11,94	-10,31	-10,27	-11,94	

Tabla A2.20. Curva de demanda, domingo

Periodos Horarios	Demanda[MW]	Variaciones[%]
1	2229,84	103,10
2	2162,86	100,00
3	2018,38	93,32

4	1964,74	90,84
5	2002,23	92,57
6	2020,15	93,40
7	1898,27	93,17
8	2037,33	100,00
9	2193,50	107,67
10	2325,76	94,57
11	2412,61	98,10
12	2444,19	99,39
13	2459,26	100,00
14	2415,67	98,23
15	2382,43	96,88
16	2371,94	96,45
17	2370,00	96,37
18	2467,26	100,33
19	3102,99	100,41
20	3090,20	100,00
21	2964,96	95,95
22	2731,04	110,38
23	2474,17	100,00
24	2259,34	91,32

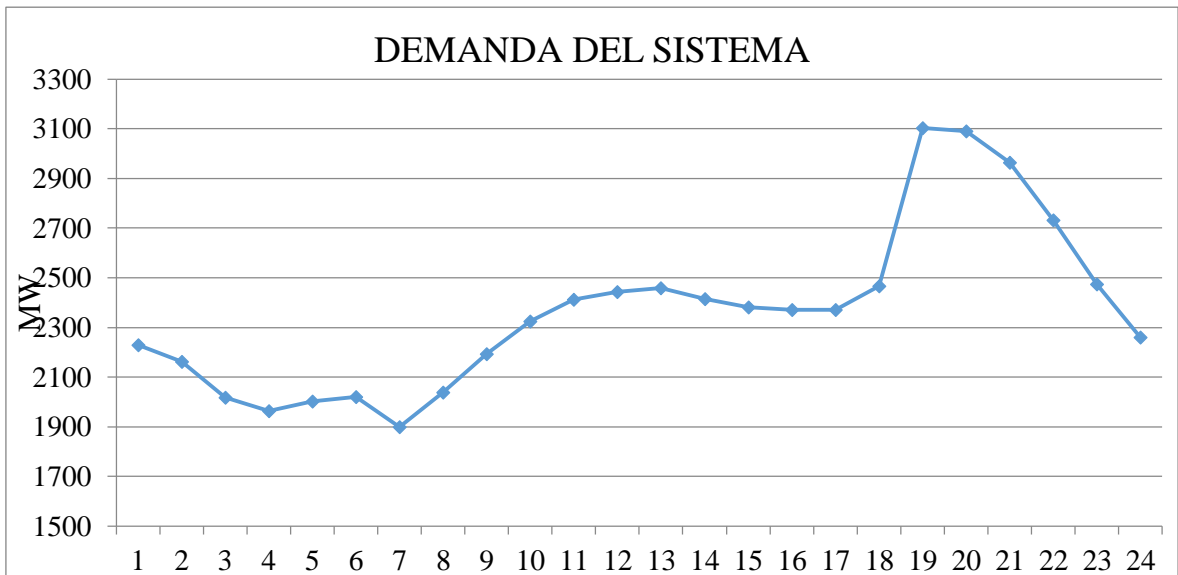


Tabla A21. Magnitudes de voltaje, flujo de potencia estocástico 02:00, domingo.

Barras	Flujo de potencia estocástico			Flujo de potencia normal			
	Voltaje[p.u]						
	2:00	Lim inf	Lim sup	1:00	3:00	4:00	5:00
1	0,9550	0,9550	0,9550	0,9550	0,9550	0,9550	0,9550
2	0,9726	0,9726	0,9726	0,9726	0,9726	0,9726	0,9726
3	0,9688	0,9688	0,9689	0,9688	0,9688	0,9688	0,9688
4	0,9980	0,9980	0,9980	0,9980	0,9980	0,9980	0,9980
5	1,0011	1,0011	1,0011	1,0011	1,0011	1,0011	1,0011
6	0,9900	0,9900	0,9900	0,9900	0,9900	0,9900	0,9900
7	0,9896	0,9896	0,9896	0,9896	0,9896	0,9896	0,9896
8	1,0150	1,0150	1,0150	1,0150	1,0150	1,0150	1,0150
9	1,0494	1,0493	1,0495	1,0493	1,0495	1,0495	1,0493
10	1,0500	1,0500	1,0500	1,0500	1,0500	1,0500	1,0500
11	0,9870	0,9869	0,9871	0,9869	0,9870	0,9870	0,9870
12	0,9900	0,9900	0,9900	0,9900	0,9900	0,9900	0,9900
13	0,9728	0,9727	0,9729	0,9726	0,9729	0,9729	0,9727
14	0,9845	0,9846	0,9847	0,9846	0,9847	0,9847	0,9847

Tabla A22. Ángulos de voltaje, flujo de potencia estocástico 02:00, domingo.

Barras	Flujo de potencia estocástico			Flujo de potencia normal			
	Ángulos [°]						
	2:00	Lim inf	Lim sup	1:00	3:00	4:00	5:00
1	19,2	18,8	19,5	18,5	19,1	19,2	18,7
2	19,2	18,8	19,5	19,1	19,7	19,8	19,3
3	19,7	19,4	20,0	19,3	19,9	20	19,5
4	21,5	21,1	21,8	21,2	21,6	21,7	21,3
5	21,7	21,4	22,0	21,4	21,9	21,9	21,5
6	20,3	20,0	20,7	19,9	20,5	20,6	20,1
7	20,1	19,7	20,4	19,7	20,3	20,3	19,9
8	24,4	24,0	24,7	24,1	24,5	24,5	24,2
9	28,0	27,7	28,3	27,9	28,1	28,1	28
10	31,9	31,6	32,2	32	31,9	31,9	31,9
11	20,2	19,9	20,5	19,8	20,4	20,4	20
12	19,9	19,6	20,2	19,5	20,1	20,2	19,7
13	19,6	19,2	19,9	19,2	19,8	19,8	19,4
14	19,6	19,3	19,9	19,2	19,8	19,8	19,4

Tabla A23. Potencia activa en elementos de transmisión, flujo de potencia estocástico 02:00, domingo.

		Flujo de potencia estocástico			Flujo de potencia normal			
L/T		P[MW]						
Desde	Hasta	2:00	Lim inf	Lim sup	1:00	3:00	4:00	5:00
62	66	-20,74	-21,20	-20,28	-21,4	-20,39	-20,28	-21,06
62	67	-13,88	-14,39	-13,38	-14,31	-13,66	-13,59	-14,09
65	66	11,20	9,69	12,71	11,42	11,13	11,09	11,32
66	67	29,23	28,67	29,79	30,19	28,74	28,58	29,7
65	68	-6,78	-12,27	-1,29	-7,5	-6,62	-6,53	-7,19
47	69	-33,16	-34,12	-32,20	-34,35	-32,58	-32,38	-33,76
49	69	-28,08	-29,02	-27,14	-29,1	-27,59	-27,42	-28,59
68	69	-87,02	-92,30	-81,75	-90,58	-85,46	-84,89	-88,86

Tabla A24. Potencia reactiva en elementos de transmisión, flujo de potencia estocástico 02:00, domingo.

		Flujo de potencia estocástico			Flujo de potencia normal			
L/T		Q[MVAR]						
Desde	Hasta	2:00	Lim inf	Lim sup	1:00	3:00	4:00	5:00
62	66	-21,81	-21,93	-21,69	-21,64	-21,9	-21,93	-21,73
62	67	-18,72	-18,83	-18,60	-18,55	-18,8	-18,83	-18,64
65	66	72,26	72,25	72,26	72,26	72,26	72,26	72,26
66	67	21,53	21,44	21,61	21,42	21,58	21,6	21,47
65	68	-20,25	-20,69	-19,82	-20,22	-20,25	-20,25	-20,23
47	69	2,55	2,17	2,93	3	2,34	2,26	2,77
49	69	2,41	2,02	2,80	2,83	2,21	2,15	2,62
68	69	111,2	111,06	111,44	111,4	111,19	111,18	111,31

Tabla A.25. Potencia activa de la barra oscilante, flujo de potencia estocástico 02:00, domingo.

	Flujo de potencia estocástico			Flujo de potencia normal			
	P [MW]						
Barra	2:00	Lim inf	Lim sup	1:00	3:00	4:00	5:00
69	311,63	300,78	322,47	323,19	306,01	304,07	317,67

Tabla A.26 Potencia reactiva de los generadores, flujo de potencia estocástico 02:00, domingo.

Barra	Q[MVAR]						
	2:00	Lim inf	Lim sup	1:00	3:00	4:00	5:00
69	-56,28	-57,39	-55,18	-57,92	-55,49	-55,21	-57,11
1	-41,26	-41,56	-40,95	-40,84	-41,47	-41,54	-41,05
4	-21,46	-21,62	-21,30	-21,83	-21,27	-21,21	-21,64
6	-12,56	-12,79	-12,34	-12,35	-12,68	-12,71	-12,46

Tabla A.27. Magnitudes de voltaje, flujo de potencia estocástico 08:00, domingo.

Barras	Flujo de potencia estocástico			Flujo de potencia normal		
	Voltaje[p.u]					
	8:00	Lim inf	Lim sup	6:00	7:00	9:00
29	0,9642	0,9641	0,9643	0,9643	0,9643	0,9641
30	0,9908	0,9907	0,9909	0,9911	0,9913	0,9902
31	0,967	0,967	0,967	0,967	0,967	0,967
32	0,963	0,963	0,963	0,963	0,963	0,963
33	0,9729	0,9727	0,9732	0,973	0,9731	0,9727
34	0,984	0,984	0,984	0,984	0,984	0,984
35	0,9807	0,9807	0,9808	0,9808	0,9808	0,9807
36	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98
37	0,9909	0,9909	0,991	0,9909	0,9909	0,9909
38	0,9677	0,9675	0,9679	0,9681	0,9683	0,967
39	0,9718	0,9716	0,972	0,9719	0,972	0,9716
40	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97
41	0,9685	0,9682	0,9687	0,9686	0,9687	0,9682
42	0,985	0,985	0,985	0,985	0,985	0,985
43	0,983	0,9826	0,9834	0,9834	0,9837	0,9822

Tabla A.28. Ángulos de voltaje, flujo de potencia estocástico 08:00, domingo.

Barra	Flujo de potencia estocástico			Flujo de potencia normal		
	Angulo [°]					
	8:00	Lim inf	Lim sup	6:00	7:00	9:00
29	18,5	17,7	19,4	19	19,5	17,4
30	22,1	21,3	22,9	22,4	22,7	21,3
31	18,6	17,7	19,4	19,1	19,5	17,5

32	19,9	19,1	20,8	20,4	20,8	19
33	17,2	16,4	18	17,8	18,3	16,1
34	17,7	17	18,4	18,2	18,7	16,6
35	17,4	16,7	18,1	17,9	18,4	16,3
36	17,4	16,7	18,2	17,9	18,4	16,3
37	17,9	17,2	18,7	18,4	18,9	16,9
38	21,1	20,4	21,8	21,5	21,8	20,3
39	16	15,3	16,7	16,6	17,1	14,7
40	15,4	14,6	16,1	16	16,5	14,1
41	15,1	14,4	15,9	15,7	16,3	13,8
42	16,1	15,4	16,8	16,7	17,2	14,9
43	17,7	17,1	18,4	18,2	18,7	16,6

Tabla A.29. Potencia activa en elementos de transmisión, flujo de potencia estocástico 08:00, domingo.

		Flujo de potencia estocástico			Flujo de potencia normal		
L/T		P[MW]					
Desde	Hasta	8:00	Lim inf	Lim sup	6:00	7:00	9:00
62	66	-24,09	-25,36	-22,82	-23,27	-22,48	-25,89
62	67	-16,03	-17,42	-14,65	-15,5	-15	-17,18
65	66	12,3	8,09	16,51	12,01	11,75	12,98
66	67	34,07	32,53	35,62	32,88	31,75	36,67
65	68	-10,13	-25,41	5,15	-9,25	-8,45	-12,23
47	69	-39,14	-41,79	-36,49	-37,66	-36,26	-42,39
49	69	-33,18	-35,79	-30,57	-31,91	-30,72	-35,96
68	69	-104,65	-119,31	-89,99	-100,23	-96,11	-114,47

Tabla A.30. Potencia reactiva en elementos de transmisión, flujo de potencia estocástico 08:00, domingo.

		Flujo de potencia estocástico			Flujo de potencia normal		
L/T		Q [MVAR]					
Desde	Hasta	8:00	Lim inf	Lim sup	6:00	7:00	9:00
62	66	-20,94	-21,28	-20,6	-21,16	-21,36	-20,46
62	67	-17,88	-18,2	-17,55	-18,09	-18,28	-17,42
65	66	72,26	72,24	72,28	72,26	72,26	72,27
66	67	20,99	20,77	21,21	21,12	21,24	20,72
65	68	-20,12	-21,36	-18,89	-20,16	-20,19	-20,02

47	69	4,83	3,73	5,92	4,25	3,72	6,11
49	69	4,55	3,41	5,68	4,01	3,51	5,76
68	69	111,9	111,29	112,51	111,73	111,57	112,3

Tabla A.31 Potencia activa de la barra oscilante, flujo de potencia estocástico 08:00, domingo.

	Flujo de potencia estocástico			Flujo de potencia normal		
	P [MW]					
Barra	8:00	Lim inf	Lim sup	6:00	7:00	9:00
69	371,4	341,19	401,61	356,49	342,53	404,32

Tabla A.32. Potencia reactiva de los generadores, flujo de potencia estocástico 08:00, domingo.

	Flujo de potencia estocástico			Flujo de potencia normal		
	Q[MVAR]					
Barra	8:00	Lim inf	Lim sup	6:00	7:00	9:00
69	-64,17	-66,95	-61,38	-62,28	-60,46	-68,15
1	-39,14	-40	-38,28	-39,66	-40,16	-37,98
4	-23,18	-23,61	-22,74	-22,78	-22,39	-23,96
6	-11,43	-12,05	-10,8	-11,71	-11,98	-10,78

Tabla A33. Ángulos de voltaje, flujo de potencia estocástico 13:00.

	Flujo de potencia estocástico			Flujo de potencia normal							
	Ángulos[°]										
Barras	13:00	Lim inf	Lim sup	10:00	11:00	12:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00
94	27,9	27,5	28,3	28,0	27,9	27,8	27,8	27,7	27,8	27,9	27,9
95	27,3	26,9	27,6	27,4	27,2	27,1	27,2	27,1	27,1	27,2	27,3
96	27,2	26,9	27,5	27,3	27,2	27,1	27,1	27,0	27,1	27,2	27,2
97	27,5	27,2	27,8	27,6	27,5	27,4	27,4	27,4	27,4	27,5	27,5
98	27,1	26,8	27,4	27,2	27,0	27,0	27,0	26,9	26,9	27,0	27,1
99	26,7	26,3	27,1	26,9	26,7	26,6	26,6	26,5	26,6	26,7	26,7
100	27,3	26,9	27,7	27,4	27,3	27,2	27,2	27,1	27,2	27,3	27,3
101	28,5	28,0	28,9	28,6	28,5	28,4	28,4	28,4	28,4	28,5	28,5
102	30,5	30,0	30,9	30,5	30,5	30,4	30,4	30,4	30,4	30,5	30,5
103	24,5	24,1	25,0	24,8	24,5	24,3	24,4	24,3	24,3	24,5	24,5
104	22,8	22,3	23,3	23,1	22,7	22,5	22,6	22,4	22,5	22,7	22,8
105	22,0	21,5	22,5	22,4	21,9	21,7	21,8	21,6	21,7	22,0	22,0
106	21,8	21,3	22,3	22,2	21,7	21,5	21,6	21,4	21,5	21,8	21,8
107	19,8	19,3	20,3	20,3	19,7	19,4	19,5	19,3	19,4	19,7	19,8

108	21,1	20,6	21,6	21,5	21,0	20,8	20,8	20,7	20,7	21,0	21,1
109	20,7	20,2	21,3	21,1	20,6	20,4	20,5	20,3	20,4	20,7	20,7

Tabla A.34. Potencia activa de elementos de transmisión, flujo de potencia estocástico 13:00, domingo.

L/T		Flujo de potencia estocástico			Flujo de potencia normal								
		P[MW]											
Desde	Hasta	13:00	Lim inf	Lim sup	10:00	11:00	12:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	
62	66	-28,26	-29,02	-27,51	-27,3	-28,45	-28,99	-28,87	-29,27	-29,08	-28,39	-28,26	
62	67	-18,70	-19,53	-17,88	-18,09	-18,83	-19,17	-19,09	-19,35	-19,23	-18,79	-18,7	
65	66	13,97	11,44	16,49	13,55	14,06	14,3	14,25	14,43	14,34	14,03	13,97	
66	67	40,11	39,19	41,03	38,72	40,39	41,16	40,99	41,57	41,29	40,3	40,1	
65	68	-15,30	-24,43	-6,16	-14	-15,59	-16,37	-16,19	-16,78	-16,5	-15,51	-15,31	
47	69	-46,75	-48,32	-45,18	-44,98	-47,1	-48,1	-47,88	-48,62	-48,27	-46,99	-46,74	
49	69	-39,70	-41,25	-38,16	-38,18	-40,01	-40,86	-40,67	-41,31	-41,01	-39,91	-39,69	
68	69	-127,84	-136,58	-119,09	-122,36	-129	-132,1	-131,4	-133,73	-132,6	-128,6	-127,8	

Tabla A.35. Potencia reactiva de elementos de transmisión, flujo de potencia estocástico 13:00, domingo.

L/T		Flujo de potencia estocástico			Flujo de potencia normal								
		Q[MVAR]											
Desde	Hasta	13:00	Lim inf	Lim sup	10:00	11:00	12:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	
62	66	-19,81	-20,02	-19,60	-20,07	-19,76	-19,61	-19,64	-19,53	-19,58	-19,77	-19,81	
62	67	-16,81	-17,01	-16,61	-17,06	-16,76	-16,62	-16,65	-16,54	-16,59	-16,77	-16,81	
65	66	72,27	72,26	72,28	72,27	72,27	72,27	72,27	72,27	72,27	72,27	72,27	
66	67	20,38	20,26	20,50	20,51	20,35	20,28	20,29	20,24	20,26	20,36	20,38	
65	68	-19,85	-20,61	-19,10	-19,93	-19,84	-19,79	-19,8	-19,76	-19,78	-19,84	-19,85	
47	69	7,88	7,19	8,56	7,15	8,03	8,44	8,35	8,66	8,51	7,98	7,87	
49	69	7,43	6,71	8,15	6,74	7,57	7,96	7,88	8,17	8,03	7,53	7,43	
68	69	112,89	112,46	113,32	112,64	112,94	113,09	113,06	113,17	113,1	112,9	112,89	

Tabla A.36 Potencia activa de la barra oscilante, flujo de potencia estocástico 13:00, domingo.

	Flujo de potencia estocástico			Flujo de potencia normal							
	P[MW]										
Barra	13:00	Lim inf	Lim sup	10:00	11:00	12:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00
69	448,84	430,77	466,92	430,67	452,53	462,79	460,51	468,19	464,5	451,4	448,73

Tabla A.37. Magnitudes de voltaje, flujo de potencia estocástico 20:00, domingo.

Barra	Flujo de potencia estocástico			Flujo de potencia normal	
	Voltaje (p.u)				
	20:00	Lim inf	Lim sup	19:00	21:00
52	0,9597	0,9593	0,9601	0,9594	0,9605
53	0,9479	0,9476	0,9482	0,9477	0,9485
54	0,955	0,9550	0,9550	0,9550	0,9550
55	0,952	0,9520	0,9520	0,9520	0,9520
56	0,9540	0,9540	0,9540	0,9540	0,9540
57	0,9716	0,9714	0,9718	0,9715	0,9719
58	0,9607	0,9605	0,9610	0,9606	0,9613
59	0,985	0,9850	0,9850	0,9850	0,9850
60	0,9935	0,9934	0,9936	0,9934	0,9936
61	0,995	0,995	0,995	0,995	0,995
62	0,998	0,998	0,998	0,998	0,998
63	0,9696	0,9693	0,9699	0,9695	0,9699
64	0,9843	0,9841	0,9845	0,9842	0,9845
65	1,005	1,005	1,005	1,005	1,005
66	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05

Tabla A.38. Ángulos de voltaje, flujo de potencia estocástico 20:00, domingo.

Barra	Flujo de potencia estocástico			Flujo de potencia normal	
	Angulo				
	20:00	Lim inf	Lim sup	19:00	21:00
52	16,7	16	17,4	16,4	17,6
53	15,9	15,2	16,6	15,6	16,8
54	16,6	15,9	17,4	16,4	17,5
55	16,4	15,7	17,1	16,1	17,3
56	16,6	15,8	17,3	16,3	17,5
57	17,5	16,9	18,2	17,3	18,4
58	16,8	16,2	17,5	16,6	17,7

59	19,9	19,2	20,7	19,7	20,6
60	23,1	22,5	23,7	22,9	23,6
61	23,8	23,2	24,5	23,7	24,3
62	23,3	22,7	23,9	23,2	23,8
63	22,8	22,2	23,4	22,6	23,3
64	24,3	23,7	24,9	24,2	24,7
65	27	26,6	27,4	26,9	27,2
66	26,7	26,2	27,2	26,6	26,9

Tabla A.39. Potencia activa en elementos de transmisión, flujo de potencia estocástico 20:00, domingo.

L/T		Flujo de potencia estocástico			Flujo de potencia normal	
L/T		P[MW]				
Desde	Hasta	20:00	Lim inf	Lim sup	19:00	21:00
62	66	-31,64	-32,91	-30,37	-32,18	-29,89
62	67	-20,86	-22,25	-19,47	-21,2	-19,75
65	66	15,61	11,31	19,92	15,9	14,73
66	67	45,01	43,45	46,56	45,79	42,47
65	68	-20,55	-36,09	-5,01	-21,46	-17,74
47	69	-53,09	-55,74	-50,43	-54,11	-49,79
49	69	-45,16	-47,77	-42,55	-46,05	-42,32
68	69	-147,96	-162,81	-133,1	-151,26	-137,44

Tabla A.40. Potencia reactiva en elementos de transmisión, flujo de potencia estocástico 20:00, domingo.

L/T		Flujo de potencia estocástico			Flujo de potencia normal	
L/T		Q[MVAR]				
Desde	Hasta	20:00	Lim inf	Lim sup	19:00	21:00
62	66	-18,87	-19,23	-18,5	-18,71	-19,69
62	67	-15,92	-16,26	-15,57	-15,77	-16,7
65	66	72,28	72,25	72,3	72,28	72,25
66	67	19,92	19,73	20,12	19,85	19,96
65	68	-19,52	-20,83	-18,2	-19,45	-20,92
47	69	10,56	9,35	11,77	11	8,03
49	69	9,98	8,71	11,25	10,41	7,47
68	69	113,88	113,05	114,71	114,06	112,62

Tabla A.42. Potencia activa de la barra oscilante, flujo de potencia estocástico 20:00, domingo.

	Flujo de potencia estocástico			Flujo de potencia normal	
	P [MW]				
Barra	20:00	Lim inf	Lim sup	19:00	21:00
69	514,68	483,89	545,47	535,42	480,35

Tabla A.43 Potencia reactiva de los generadores, flujo de potencia estocástico 20:00, domingo.

	Flujo de potencia estocástico			Flujo de potencia normal	
	Q[MVAR]				
Barra	20:00	Lim inf	Lim sup	19:00	21:00
69	-79,73	-81,85	-77,62	-80,71	-76,42
1	-34,13	-35,03	-33,24	-33,76	-35,32
4	-25,88	-26,3	-25,46	-26,01	-25,4
6	-8,55	-9,2	-7,91	-8,33	-9,26

Tabla A.44. Magnitudes de voltaje, flujo de potencia estocástico 23:00, domingo.

	Flujo de potencia estocástico			Flujo de potencia normal	
	Voltaje[p.u]				
Barras	23:00	Lim inf	Lim sup	22:00	0:00
86	0,9883	0,9879	0,9886	0,9880	0,9886
87	1,0150	1,0150	1,0150	1,0150	1,0150
88	0,9902	0,9899	0,9904	0,9897	0,9906
89	1,0050	1,0050	1,0050	1,0050	1,0050
90	0,9850	0,9850	0,985	0,9850	0,9850
91	0,9800	0,9800	0,98	0,9800	0,9800
92	0,9900	0,9900	0,99	0,9900	0,9900
93	0,9887	0,9885	0,9889	0,9882	0,9892
94	0,9938	0,9935	0,9941	0,9932	0,9945
95	0,9859	0,9854	0,9864	0,9850	0,9868
96	0,9971	0,9967	0,9975	0,9963	0,9979
97	1,0142	1,0140	1,0144	1,0137	1,0147
98	1,0254	1,0250	1,0257	1,0250	1,0257
99	1,01	1,0100	1,0100	1,0100	1,0100
100	1,017	1,0170	1,0170	1,0170	1,0170

Tabla A.45. Ángulos de voltaje, flujo de potencia estocástico 23:00, domingo.

	Flujo de potencia estocástico			Flujo de potencia normal	
	Angulo [°]				
Barras	23:00	Lim inf	Lim sup	22:00	0:00
86	29,9	28,9	30,9	29,7	30,1
87	30	29	31	29,9	30,1
88	32,7	31,7	33,8	32,8	32,6
89	35,2	34,1	36,4	35,6	34,8
90	31,2	29,8	32,6	31,1	31,3
91	31,3	30	32,5	31,2	31,3
92	31,6	30,5	32,7	31,6	31,6
93	29,7	28,7	30,6	29,5	29,9
94	28,3	27,5	29,2	28	28,6
95	27,8	27	28,6	27,4	28,1
96	27,7	27	28,4	27,3	28
97	27,9	27,3	28,5	27,6	28,2
98	27,5	26,9	28,2	27,2	27,8
99	27,3	26,5	28,1	26,9	27,6
100	27,8	26,9	28,7	27,5	28,1

Tabla A.46. Potencia activa en los elementos de transmisión, flujo de potencia estocástico 23:00, domingo.

		Flujo de potencia estocástico			Flujo de potencia normal	
L/T		P[MW]				
Desde	Hasta	23:00	Lim inf	Lim sup	22:00	0:00
62	66	-24,94	-26,59	-23,29	-27,27	-22,61
62	67	-16,58	-18,38	-14,78	-18,07	-15,08
65	66	12,61	7,13	18,08	13,54	11,79
66	67	35,3	33,29	37,3	38,67	31,93
65	68	-11,06	-30,91	8,79	-13,97	-8,55
47	69	-40,66	-44,11	-37,22	-44,91	-36,48
49	69	-34,48	-37,86	-31,1	-38,13	-30,91
68	69	-109,21	-128,24	-90,17	-122,18	-96,74

Tabla A.47. Potencia reactiva en los elementos de transmisión, flujo de potencia estocástico 23:00, domingo.

		Flujo de potencia estocástico			Flujo de potencia normal	
L/T		Q[MVAR]				
Desde	Hasta	23:00	Lim inf	Lim sup	22:00	0:00
62	66	-20,71	-21,15	-20,27	-20,08	-21,33
62	67	-17,66	-18,09	-17,24	-17,07	-18,25
65	66	72,26	72,24	72,29	72,27	72,26
66	67	20,86	20,58	21,14	20,52	21,22
65	68	-20,08	-21,69	-18,47	-19,93	-20,19
47	69	5,42	3,99	6,86	7,13	3,8
49	69	5,11	3,62	6,6	6,72	3,58
68	69	112,08	111,26	112,9	112,63	111,59

Tabla 4.35. Potencia activa de la barra oscilante, flujo de potencia estocástico 23:00.

		Flujo de potencia estocástico			Flujo de potencia normal	
		P[MW]				
Barra	23:00	Lim inf	Lim sup	22:00	0:00	
69	386,78	347,52	426,03	430,04	344,7	

Tabla 4.36. Potencia reactiva en los generadores, flujo de potencia estocástico 23:00.

		Flujo de potencia estocástico			Flujo de potencia normal	
		Q[MVAR]				
Barra	23:00	Lim inf	Lim sup	22:00	0:00	
69	-66,06	-69,58	-62,55	-71,1	-60,75	
1	-38,59	-39,71	-37,47	-37,07	-40,08	
4	-23,56	-24,12	-23	-24,51	-22,46	
6	-11,12	-11,94	-10,31	-10,27	-11,94	

ANEXO III Resultados de flujos de potencia estocástico en la planificación de corto plazo.

Tabla A2.1. Magnitudes de voltaje, flujo de potencia estocástico 02:00.

		Flujo de potencia estocástico			Flujo de potencia normal			
		Voltajes						
Barra	2:00	Lim_inf	Lim_sup	1:00	3:00	4:00	5:00	
1	0,9550	0,95500	0,95500	0,95500	0,95500	0,95500	0,95500	
2	0,9726	0,97256	0,97264	0,97255	0,97262	0,97263	0,97258	

3	0,9688	0,96875	0,96886	0,96877	0,96882	0,96883	0,96879
4	0,9980	0,99800	0,99800	0,99800	0,99800	0,99800	0,99800
5	1,0011	1,00108	1,00110	1,00114	1,00107	1,00106	1,00111
6	0,9900	0,99000	0,99000	0,99000	0,99000	0,99000	0,99000
7	0,9896	0,98956	0,98958	0,98956	0,98957	0,98957	0,98956
8	1,0150	1,01500	1,01500	1,01500	1,01500	1,01500	1,01500
9	1,0494	1,04943	1,04943	1,04926	1,04951	1,04954	1,04934
10	1,0500	1,05000	1,05000	1,05000	1,05000	1,05000	1,05000
11	0,9870	0,98694	0,98704	0,98692	0,98702	0,98703	0,98695
12	0,9900	0,99000	0,99000	0,99000	0,99000	0,99000	0,99000
13	0,9728	0,97268	0,97295	0,97265	0,97290	0,97293	0,97273
14	0,9847	0,98465	0,98473	0,98465	0,98471	0,98472	0,98467
15	0,9700	0,97000	0,97000	0,97000	0,97000	0,97000	0,97000
16	0,9857	0,98567	0,98581	0,98567	0,98577	0,98578	0,98571
17	0,9951	0,99506	0,99509	0,99510	0,99506	0,99505	0,99509
18	0,9730	0,97300	0,97300	0,97300	0,97300	0,97300	0,97300
19	0,9620	0,96200	0,96200	0,96200	0,96200	0,96200	0,96200
20	0,9629	0,96277	0,96295	0,96267	0,96296	0,96300	0,96276
21	0,9660	0,96588	0,96609	0,96572	0,96612	0,96617	0,96585
22	0,9774	0,97731	0,97750	0,97715	0,97754	0,97758	0,97727
23	1,0024	1,00241	1,00246	1,00236	1,00247	1,00248	1,00240
24	0,9920	0,99200	0,99200	0,99200	0,99200	0,99200	0,99200
25	1,0500	1,05000	1,05000	1,05000	1,05000	1,05000	1,05000
26	1,0150	1,01500	1,01500	1,01500	1,01500	1,01500	1,01500
27	0,9680	0,96800	0,96800	0,96800	0,96800	0,96800	0,96800
28	0,9631	0,96306	0,96315	0,96305	0,96314	0,96315	0,96308
29	0,9644	0,96440	0,96448	0,96439	0,96446	0,96447	0,96442
30	0,9918	0,99175	0,99180	0,99160	0,99187	0,99190	0,99169
31	0,9670	0,96700	0,96700	0,96700	0,96700	0,96700	0,96700
32	0,9630	0,96300	0,96300	0,96300	0,96300	0,96300	0,96300
33	0,9733	0,97325	0,97343	0,97326	0,97338	0,97340	0,97330
34	0,9840	0,98400	0,98400	0,98400	0,98400	0,98400	0,98400
35	0,9808	0,98079	0,98082	0,98079	0,98081	0,98081	0,98080
36	0,9800	0,98000	0,98000	0,98000	0,98000	0,98000	0,98000
37	0,9909	0,99089	0,99091	0,99091	0,99089	0,99089	0,99090
38	0,9690	0,96891	0,96904	0,96875	0,96909	0,96913	0,96886
39	0,9721	0,97208	0,97221	0,97208	0,97218	0,97219	0,97211
40	0,9700	0,97000	0,97000	0,97000	0,97000	0,97000	0,97000
41	0,9689	0,96879	0,96894	0,96878	0,96890	0,96892	0,96882
42	0,9850	0,98500	0,98500	0,98500	0,98500	0,98500	0,98500
43	0,9844	0,98429	0,98458	0,98416	0,98458	0,98462	0,98430
44	0,9963	0,99606	0,99652	0,99585	0,99652	0,99659	0,99607
45	0,9974	0,99710	0,99760	0,99695	0,99756	0,99763	0,99715

46	1,0050	1,00500	1,00500	1,00500	1,00500	1,00500	1,00500
47	1,0202	1,02007	1,02023	1,02003	1,02021	1,02023	1,02009
48	1,0222	1,02214	1,02224	1,02213	1,02222	1,02223	1,02216
49	1,0250	1,02500	1,02500	1,02500	1,02500	1,02500	1,02500
50	1,0041	1,00400	1,00414	1,00396	1,00412	1,00414	1,00402
51	0,9736	0,97346	0,97368	0,97333	0,97369	0,97374	0,97345
52	0,9648	0,96468	0,96497	0,96453	0,96498	0,96503	0,96468
53	0,9514	0,95127	0,95150	0,95119	0,95149	0,95153	0,95129
54	0,9550	0,95500	0,95500	0,95500	0,95500	0,95500	0,95500
55	0,9520	0,95200	0,95200	0,95200	0,95200	0,95200	0,95200
56	0,9540	0,95400	0,95400	0,95400	0,95400	0,95400	0,95400
57	0,9734	0,97335	0,97347	0,97331	0,97346	0,97348	0,97336
58	0,9638	0,96371	0,96387	0,96362	0,96388	0,96391	0,96370
59	0,9850	0,98500	0,98500	0,98500	0,98500	0,98500	0,98500
60	0,9940	0,99399	0,99405	0,99399	0,99404	0,99404	0,99400
61	0,9950	0,99500	0,99500	0,99500	0,99500	0,99500	0,99500
62	0,9980	0,99800	0,99800	0,99800	0,99800	0,99800	0,99800
63	0,9712	0,97115	0,97130	0,97114	0,97127	0,97129	0,97119
64	0,9853	0,98529	0,98539	0,98528	0,98537	0,98537	0,98531
65	1,0050	1,00500	1,00500	1,00500	1,00500	1,00500	1,00500
66	1,0500	1,05000	1,05000	1,05000	1,05000	1,05000	1,05000
67	1,0218	1,02173	1,02186	1,02172	1,02183	1,02185	1,02176
68	1,0032	1,00318	1,00320	1,00319	1,00319	1,00318	1,00319
70	0,9840	0,98400	0,98400	0,98400	0,98400	0,98400	0,98400
71	0,9869	0,98689	0,98690	0,98689	0,98689	0,98689	0,98689
72	0,9800	0,98000	0,98000	0,98000	0,98000	0,98000	0,98000
73	0,9910	0,99100	0,99100	0,99100	0,99100	0,99100	0,99100
74	0,9580	0,95800	0,95800	0,95800	0,95800	0,95800	0,95800
75	0,9705	0,97049	0,97061	0,97044	0,97061	0,97063	0,97049
76	0,9430	0,94300	0,94300	0,94300	0,94300	0,94300	0,94300
77	1,0060	1,00600	1,00600	1,00600	1,00600	1,00600	1,00600
78	1,0048	1,00478	1,00487	1,00477	1,00485	1,00486	1,00480
79	1,0112	1,01113	1,01123	1,01111	1,01122	1,01123	1,01115
80	1,0400	1,04000	1,04000	1,04000	1,04000	1,04000	1,04000
81	0,9965	0,99651	0,99657	0,99655	0,99654	0,99653	0,99655
82	0,9952	0,99512	0,99537	0,99501	0,99537	0,99542	0,99513
83	0,9912	0,99105	0,99127	0,99093	0,99128	0,99132	0,99104
84	0,9834	0,98334	0,98346	0,98327	0,98346	0,98349	0,98333
85	0,9850	0,98500	0,98500	0,98500	0,98500	0,98500	0,98500
86	0,9888	0,98871	0,98889	0,98872	0,98884	0,98886	0,98876
87	1,0150	1,01500	1,01500	1,01500	1,01500	1,01500	1,01500
88	0,9909	0,99082	0,99097	0,99079	0,99095	0,99097	0,99084
89	1,0050	1,00500	1,00500	1,00500	1,00500	1,00500	1,00500

90	0,9850	0,98500	0,98500	0,98500	0,98500	0,98500	0,98500
91	0,9800	0,98000	0,98000	0,98000	0,98000	0,98000	0,98000
92	0,9900	0,99000	0,99000	0,99000	0,99000	0,99000	0,99000
93	0,9896	0,98958	0,98970	0,98950	0,98971	0,98974	0,98957
94	0,9950	0,99492	0,99508	0,99482	0,99509	0,99512	0,99491
95	0,9876	0,98746	0,98771	0,98733	0,98772	0,98776	0,98745
96	0,9985	0,99843	0,99864	0,99832	0,99865	0,99869	0,99843
97	1,0151	1,01503	1,01516	1,01496	1,01517	1,01519	1,01502
98	1,0260	1,02593	1,02612	1,02593	1,02608	1,02609	1,02598
99	1,0100	1,01000	1,01000	1,01000	1,01000	1,01000	1,01000
100	1,0170	1,01700	1,01700	1,01700	1,01700	1,01700	1,01700
101	0,9942	0,99409	0,99423	0,99406	0,99421	0,99422	0,99411
102	0,9907	0,99064	0,99070	0,99062	0,99070	0,99071	0,99065
103	1,0100	1,01000	1,01000	1,01000	1,01000	1,01000	1,01000
104	0,9710	0,97100	0,97100	0,97100	0,97100	0,97100	0,97100
105	0,9650	0,96500	0,96500	0,96500	0,96500	0,96500	0,96500
106	0,9643	0,96420	0,96436	0,96418	0,96434	0,96435	0,96423
107	0,9520	0,95200	0,95200	0,95200	0,95200	0,95200	0,95200
108	0,9670	0,96697	0,96701	0,96696	0,96700	0,96701	0,96697
109	0,9679	0,96789	0,96794	0,96788	0,96793	0,96794	0,96790
110	0,9730	0,97300	0,97300	0,97300	0,97300	0,97300	0,97300
111	0,9800	0,98000	0,98000	0,98000	0,98000	0,98000	0,98000
112	0,9750	0,97500	0,97500	0,97500	0,97500	0,97500	0,97500
113	0,9930	0,99300	0,99300	0,99300	0,99300	0,99300	0,99300
114	0,9612	0,96115	0,96122	0,96114	0,96121	0,96121	0,96116
115	0,9612	0,96117	0,96124	0,96116	0,96123	0,96124	0,96118
116	1,0050	1,00500	1,00500	1,00500	1,00500	1,00500	1,00500
117	0,9773	0,97718	0,97744	0,97718	0,97738	0,97740	0,97724
118	0,9525	0,95241	0,95255	0,95236	0,95253	0,95255	0,95242

Tabla A2.2. Ángulos de voltaje, flujo de potencia estocástico 02:00.

Barra	Flujo de potencia estocastico			Flujo de potencia normal			
	2:00	Lim_inf	Lim_sup	Ángulos			
				1:00	3:00	4:00	5:00
1	19,36	19,01	19,71	18,94	19,57	19,65	19,15
2	19,50	19,15	19,84	19,10	19,71	19,78	19,30
3	19,69	19,35	20,04	19,30	19,90	19,97	19,50
4	21,47	21,14	21,80	21,15	21,64	21,70	21,31
5	21,70	21,37	22,03	21,39	21,86	21,91	21,54
6	20,31	19,98	20,65	19,95	20,50	20,57	20,13
7	20,08	19,74	20,42	19,71	20,27	20,34	19,89
8	24,35	24,04	24,66	24,13	24,47	24,50	24,24

9	28,01	27,70	28,33	27,92	28,06	28,07	27,97
10	31,93	31,61	32,24	31,97	31,90	31,89	31,95
11	20,18	19,85	20,52	19,82	20,38	20,44	20,00
12	19,89	19,56	20,23	19,52	20,09	20,16	19,71
13	19,57	19,24	19,91	19,18	19,78	19,85	19,38
14	19,58	19,25	19,91	19,19	19,78	19,85	19,38
15	19,65	19,34	19,96	19,25	19,86	19,92	19,45
16	19,79	19,46	20,11	19,41	19,99	20,05	19,60
17	20,78	20,48	21,08	20,44	20,96	21,03	20,61
18	19,79	19,48	20,09	19,39	19,99	20,06	19,59
19	19,64	19,34	19,94	19,24	19,85	19,92	19,44
20	20,11	19,81	20,40	19,72	20,31	20,37	19,91
21	20,94	20,65	21,22	20,58	21,12	21,19	20,76
22	22,24	21,97	22,51	21,94	22,40	22,45	22,09
23	24,76	24,50	25,01	24,55	24,87	24,91	24,65
24	24,90	24,68	25,12	24,69	25,01	25,05	24,80
25	28,08	27,80	28,35	27,99	28,12	28,14	28,04
26	29,00	28,72	29,28	28,94	29,03	29,04	28,97
27	21,94	21,63	22,25	21,61	22,11	22,17	21,77
28	21,03	20,72	21,34	20,67	21,22	21,28	20,85
29	20,49	20,18	20,80	20,11	20,69	20,75	20,30
30	23,42	23,13	23,70	23,17	23,55	23,59	23,29
31	20,54	20,23	20,85	20,17	20,73	20,80	20,35
32	21,70	21,40	22,00	21,36	21,88	21,94	21,53
33	19,34	19,06	19,62	18,94	19,55	19,62	19,14
34	19,70	19,44	19,96	19,32	19,90	19,97	19,51
35	19,48	19,22	19,74	19,08	19,68	19,75	19,28
36	19,49	19,23	19,75	19,09	19,69	19,76	19,29
37	19,89	19,64	20,15	19,52	20,09	20,15	19,70
38	22,59	22,35	22,83	22,31	22,73	22,78	22,45
39	18,29	18,03	18,55	17,85	18,52	18,60	18,07
40	17,78	17,52	18,05	17,32	18,02	18,10	17,55
41	17,56	17,29	17,83	17,09	17,80	17,88	17,32
42	18,35	18,09	18,61	17,92	18,58	18,65	18,13
43	19,72	19,49	19,96	19,34	19,92	19,99	19,53
44	21,06	20,85	21,27	20,73	21,23	21,29	20,89
45	22,07	21,86	22,27	21,77	22,22	22,27	21,92
46	23,61	23,43	23,80	23,37	23,74	23,78	23,49
47	24,71	24,54	24,87	24,51	24,81	24,84	24,61
48	24,20	24,01	24,39	23,99	24,31	24,35	24,09
49	24,72	24,53	24,91	24,52	24,82	24,85	24,62
50	23,74	23,54	23,95	23,51	23,87	23,91	23,63
51	22,55	22,32	22,78	22,26	22,70	22,75	22,40

52	22,11	21,87	22,34	21,79	22,27	22,32	21,95
53	21,67	21,42	21,92	21,33	21,84	21,90	21,50
54	22,14	21,88	22,40	21,82	22,30	22,36	21,98
55	22,00	21,74	22,26	21,68	22,17	22,23	21,84
56	22,09	21,83	22,35	21,77	22,26	22,32	21,93
57	22,59	22,36	22,83	22,30	22,74	22,79	22,45
58	22,20	21,96	22,45	21,90	22,37	22,42	22,05
59	23,98	23,71	24,26	23,75	24,10	24,14	23,87
60	25,93	25,71	26,16	25,77	26,02	26,04	25,85
61	26,40	26,18	26,62	26,26	26,48	26,50	26,33
62	26,08	25,87	26,30	25,93	26,16	26,19	26,01
63	25,76	25,53	25,99	25,59	25,85	25,88	25,68
64	26,66	26,46	26,86	26,53	26,73	26,75	26,59
65	28,27	28,12	28,42	28,20	28,30	28,31	28,23
66	28,06	27,88	28,23	27,98	28,09	28,11	28,02
67	26,75	26,55	26,94	26,62	26,81	26,83	26,68
68	28,34	28,23	28,45	28,27	28,37	28,38	28,31
70	26,21	26,12	26,30	26,05	26,29	26,32	26,13
71	25,93	25,83	26,03	25,76	26,02	26,05	25,84
72	25,19	25,04	25,35	24,99	25,30	25,34	25,09
73	25,80	25,70	25,89	25,62	25,89	25,92	25,71
74	25,96	25,87	26,06	25,78	26,06	26,10	25,87
75	26,51	26,43	26,60	26,35	26,60	26,63	26,43
76	26,09	25,97	26,21	25,90	26,19	26,23	25,99
77	28,09	27,97	28,22	28,00	28,14	28,15	28,05
78	27,91	27,78	28,04	27,81	27,96	27,97	27,86
79	27,99	27,85	28,12	27,90	28,03	28,05	27,94
80	28,92	28,78	29,07	28,88	28,95	28,96	28,90
81	28,58	28,47	28,69	28,52	28,61	28,62	28,55
82	28,19	28,00	28,38	28,10	28,24	28,25	28,14
83	28,79	28,58	29,01	28,72	28,83	28,84	28,76
84	30,15	29,90	30,40	30,11	30,17	30,18	30,13
85	30,94	30,67	31,21	30,93	30,95	30,95	30,94
86	30,16	29,89	30,43	30,13	30,18	30,18	30,14
87	30,20	29,93	30,48	30,18	30,22	30,22	30,19
88	32,48	32,18	32,77	32,52	32,45	32,44	32,50
89	34,51	34,20	34,82	34,63	34,45	34,43	34,57
90	31,27	30,88	31,65	31,26	31,27	31,27	31,27
91	31,33	30,99	31,68	31,33	31,33	31,33	31,33
92	31,56	31,26	31,85	31,57	31,55	31,55	31,56
93	29,98	29,71	30,24	29,94	30,00	30,00	29,96
94	28,83	28,59	29,07	28,76	28,87	28,88	28,79
95	28,39	28,17	28,62	28,30	28,44	28,46	28,35

96	28,27	28,06	28,47	28,18	28,31	28,33	28,22
97	28,42	28,25	28,59	28,35	28,46	28,47	28,39
98	28,08	27,90	28,26	28,00	28,12	28,14	28,04
99	27,92	27,69	28,14	27,82	27,97	27,98	27,87
100	28,34	28,09	28,60	28,26	28,39	28,40	28,30
101	29,29	29,02	29,56	29,23	29,32	29,33	29,26
102	30,75	30,46	31,03	30,73	30,75	30,76	30,74
103	26,40	26,12	26,67	26,24	26,48	26,50	26,32
104	25,33	25,04	25,62	25,12	25,44	25,48	25,23
105	24,80	24,50	25,10	24,57	24,92	24,96	24,68
106	24,64	24,35	24,94	24,41	24,77	24,81	24,53
107	23,28	22,96	23,60	22,99	23,44	23,49	23,14
108	24,12	23,81	24,43	23,87	24,25	24,29	23,99
109	23,86	23,55	24,18	23,60	24,00	24,04	23,73
110	23,35	23,02	23,69	23,08	23,50	23,54	23,22
111	24,15	23,82	24,48	23,91	24,28	24,32	24,03
112	21,69	21,32	22,05	21,36	21,86	21,92	21,52
113	20,81	20,51	21,11	20,46	20,99	21,05	20,64
114	21,52	21,21	21,82	21,17	21,70	21,76	21,34
115	21,51	21,20	21,82	21,17	21,69	21,75	21,34
116	28,10	27,99	28,21	28,03	28,14	28,15	28,07
117	19,13	18,79	19,47	18,72	19,34	19,42	18,93
118	26,10	26,00	26,20	25,92	26,20	26,23	26,01

Tabla A2.3. Potencia Activa, flujo de potencia estocástico 02:00.

		Flujo de potencia estocastico			Flujo de potencia normal			
L/T		Potencia Activa [MW]						
Desde	Hasta	2:00	Lim_inf	Lim_sup	1:00	3:00	4:00	5:00
1	2	-6,77	-6,83	-6,72	-6,99	-6,66	-6,62	-6,88
1	3	-20,44	-20,03	-20,86	-21,15	-20,07	-19,95	-20,80
4	5	-54,84	-52,77	-56,91	-56,69	-53,86	-53,54	-55,77
3	5	-35,93	-34,66	-37,20	-37,18	-35,28	-35,06	-36,56
5	6	46,70	43,78	49,61	48,30	45,86	45,58	47,50
6	7	18,68	17,23	20,12	19,31	18,34	18,23	19,00
8	9	-230,13	-218,63	-241,64	-237,89	-226,05	-224,69	-234,03
8	5	178,91	168,59	189,24	185,02	175,71	174,63	181,98
9	10	-231,57	-220,00	-243,15	-239,41	-227,46	-226,07	-235,51
4	11	34,03	31,98	36,07	35,17	33,42	33,22	34,60
5	11	40,94	38,52	43,36	42,32	40,22	39,97	41,63
11	12	18,88	17,18	20,58	19,48	18,56	18,45	19,18

2	12	-17,53	-17,13	-17,94	-18,12	-17,23	-17,13	-17,83
3	12	-5,47	-5,49	-5,45	-5,64	-5,38	-5,35	-5,56
7	12	8,52	7,56	9,48	8,81	8,37	8,31	8,67
11	13	18,13	16,70	19,56	18,74	17,81	17,70	18,43
12	14	9,03	8,16	9,90	9,33	8,87	8,81	9,18
13	15	-0,14	-0,50	0,23	-0,15	-0,13	-0,13	-0,14
14	15	1,53	1,06	2,00	1,58	1,51	1,50	1,56
12	16	3,25	2,60	3,89	3,36	3,19	3,17	3,30
15	17	-55,46	-53,45	-57,47	-57,31	-54,48	-54,16	-56,39
16	17	-10,10	-10,04	-10,16	-10,44	-9,92	-9,86	-10,27
17	18	41,64	38,86	44,43	43,10	40,88	40,62	42,38
18	19	9,27	8,26	10,28	9,62	9,08	9,02	9,45
19	20	-6,30	-6,35	-6,25	-6,49	-6,20	-6,16	-6,40
15	19	5,78	4,80	6,77	5,95	5,70	5,67	5,87
20	21	-15,92	-15,42	-16,41	-16,43	-15,64	-15,55	-16,18
21	22	-23,44	-22,56	-24,32	-24,21	-23,03	-22,89	-23,83
22	23	-28,90	-27,77	-30,04	-29,87	-28,40	-28,23	-29,39
23	24	0,66	-0,62	1,95	0,62	0,68	0,69	0,64
23	25	-84,21	-80,48	-87,94	-86,98	-82,75	-82,26	-85,60
26	25	46,60	43,72	49,48	48,12	45,80	45,53	47,36
25	27	74,87	70,59	79,15	77,43	73,52	73,07	76,15
27	28	17,61	16,39	18,83	18,20	17,30	17,19	17,90
28	29	8,47	7,73	9,21	8,75	8,33	8,28	8,61
30	17	121,74	114,69	128,78	125,95	119,52	118,78	123,85
8	30	36,28	33,04	39,51	37,42	35,67	35,47	36,85
26	30	115,87	109,53	122,21	119,88	113,77	113,06	117,89
17	31	7,39	6,43	8,35	7,67	7,24	7,19	7,53
29	31	-4,36	-4,56	-4,15	-4,52	-4,27	-4,24	-4,44
23	32	50,58	47,34	53,82	52,28	49,69	49,39	51,43
31	32	-16,44	-16,04	-16,84	-16,98	-16,16	-16,06	-16,71
27	32	6,45	5,66	7,23	6,65	6,34	6,30	6,55
15	33	3,01	2,30	3,72	3,10	2,96	2,95	3,06
19	34	-2,76	-3,14	-2,39	-2,87	-2,71	-2,69	-2,82
35	36	0,09	-0,30	0,48	0,12	0,07	0,07	0,10
35	37	-17,70	-17,18	-18,22	-18,33	-17,37	-17,26	-18,02
33	37	-9,27	-9,37	-9,17	-9,60	-9,10	-9,04	-9,44
34	36	16,49	15,18	17,80	17,02	16,21	16,11	16,76
34	37	-50,53	-48,91	-52,15	-52,25	-49,63	-49,32	-51,39
38	37	128,77	121,21	136,33	133,20	126,44	125,66	130,99
37	39	28,26	26,14	30,38	29,23	27,74	27,57	28,75
37	40	22,71	20,94	24,48	23,48	22,31	22,17	23,10
30	38	29,20	25,84	32,56	30,06	28,74	28,59	29,63
39	40	13,56	12,20	14,92	14,03	13,31	13,23	13,79

40	41	7,61	6,54	8,68	7,87	7,47	7,43	7,74
40	42	-6,92	-7,11	-6,73	-7,16	-6,80	-6,76	-7,04
41	42	-12,14	-12,11	-12,17	-12,56	-11,93	-11,85	-12,35
43	44	-9,87	-9,82	-9,92	-10,19	-9,70	-9,64	-10,03
34	43	-0,26	-0,73	0,20	-0,26	-0,27	-0,27	-0,26
44	45	-18,47	-18,03	-18,91	-19,09	-18,15	-18,04	-18,78
45	46	-19,82	-19,28	-20,36	-20,50	-19,46	-19,34	-20,16
46	47	-17,40	-16,94	-17,86	-18,00	-17,08	-16,98	-17,70
46	48	-7,69	-7,54	-7,83	-7,95	-7,55	-7,51	-7,82
47	49	-2,51	-3,20	-1,81	-2,59	-2,46	-2,45	-2,55
42	49	-70,44	-68,23	-72,64	-72,84	-69,18	-68,75	-71,64
42	49	-70,44	-68,23	-72,64	-72,84	-69,18	-68,75	-71,64
45	49	-27,02	-26,16	-27,87	-27,92	-26,54	-26,38	-27,47
48	49	-18,42	-17,89	-18,96	-19,05	-18,09	-17,98	-18,74
49	50	29,70	27,67	31,72	30,64	29,20	29,03	30,17
49	51	36,76	34,28	39,24	37,93	36,14	35,93	37,35
51	52	15,57	14,46	16,69	16,09	15,30	15,21	15,83
52	53	5,90	5,34	6,45	6,08	5,80	5,77	5,99
53	54	-6,41	-6,44	-6,38	-6,64	-6,29	-6,25	-6,53
49	54	41,07	37,94	44,21	42,44	40,35	40,11	41,76
49	54	41,07	37,93	44,21	42,44	40,35	40,11	41,76
54	55	3,81	3,34	4,27	3,93	3,74	3,72	3,87
54	56	9,33	7,68	10,98	9,68	9,15	9,09	9,50
55	56	-12,50	-12,70	-12,29	-12,86	-12,31	-12,24	-12,68
56	57	-13,45	-13,27	-13,64	-13,85	-13,24	-13,17	-13,65
50	57	20,32	18,81	21,82	20,94	19,99	19,88	20,63
56	58	-4,68	-4,86	-4,50	-4,78	-4,63	-4,61	-4,73
51	58	11,18	10,21	12,14	11,49	11,01	10,95	11,33
54	59	-15,17	-14,93	-15,41	-15,75	-14,86	-14,76	-15,46
56	59	-29,88	-29,25	-30,50	-30,92	-29,33	-29,14	-30,40
56	59	-29,88	-29,25	-30,50	-30,92	-29,33	-29,14	-30,40
55	59	-17,32	-16,98	-17,67	-17,98	-16,98	-16,86	-17,65
59	60	-23,14	-22,76	-23,52	-23,93	-22,72	-22,58	-23,54
59	61	-27,58	-26,97	-28,19	-28,53	-27,08	-26,91	-28,05
60	61	-59,05	-57,17	-60,94	-61,11	-57,97	-57,61	-60,09
60	62	-5,88	-6,14	-5,63	-6,05	-5,80	-5,77	-5,97
61	62	12,38	11,07	13,70	12,88	12,12	12,03	12,63
63	59	80,14	73,80	86,48	83,02	78,63	78,12	81,59
63	64	-80,14	-78,56	-81,72	-83,02	-78,63	-78,12	-81,59
64	61	16,58	14,40	18,75	17,29	16,20	16,08	16,93
38	65	-99,68	-96,87	-102,50	-103,26	-97,81	-97,19	-101,48
64	65	-96,90	-95,53	-98,27	-100,50	-95,01	-94,38	-98,71
49	66	-141,11	-135,31	-146,91	-145,79	-138,66	-137,83	-143,46

49	66	-141,11	-135,31	-146,91	-145,79	-138,66	-137,83	-143,46
62	66	-20,74	-20,16	-21,32	-21,39	-20,40	-20,28	-21,07
62	67	-13,88	-13,69	-14,08	-14,30	-13,67	-13,59	-14,09
65	66	11,20	9,13	13,27	11,40	11,10	11,07	11,30
66	67	29,23	27,22	31,25	30,17	28,74	28,58	29,71
65	68	-6,81	-11,96	-1,66	-7,38	-6,52	-6,43	-7,10
47	69	-33,17	-34,13	-32,21	-34,31	-32,57	-32,37	-33,74
49	69	-28,09	-29,03	-27,15	-29,06	-27,58	-27,41	-28,58
68	69	-87,07	-92,35	-81,80	-90,39	-85,35	-84,77	-88,74
69	70	59,92	58,74	61,11	62,10	58,79	58,41	61,01
24	70	-5,39	-5,75	-5,03	-5,60	-5,28	-5,25	-5,49
70	71	10,63	9,47	11,79	11,03	10,42	10,35	10,83
24	72	-0,94	-1,50	-0,38	-1,01	-0,91	-0,90	-0,98
71	72	7,40	6,41	8,38	7,69	7,24	7,19	7,54
71	73	3,21	2,94	3,48	3,32	3,15	3,13	3,27
70	74	8,14	7,22	9,06	8,44	7,99	7,93	8,29
70	75	-0,70	-1,13	-0,27	-0,70	-0,70	-0,70	-0,70
69	75	61,90	60,79	63,01	64,03	60,79	60,42	62,97
74	75	-28,29	-27,82	-28,76	-29,23	-27,80	-27,63	-28,77
76	77	-31,45	-30,62	-32,28	-32,50	-30,90	-30,71	-31,98
69	77	39,88	37,82	41,95	41,39	39,10	38,84	40,64
75	77	-17,02	-16,77	-17,27	-17,57	-16,73	-16,63	-17,30
77	78	26,75	24,19	29,30	27,62	26,29	26,14	27,19
78	79	-11,17	-11,26	-11,07	-11,59	-10,95	-10,87	-11,38
77	80	-71,79	-69,49	-74,09	-74,04	-70,61	-70,22	-72,92
77	80	-71,79	-69,48	-74,10	-74,04	-70,61	-70,22	-72,92
79	80	-32,02	-30,96	-33,07	-33,15	-31,42	-31,22	-32,58
68	81	-17,98	-19,94	-16,01	-18,57	-17,66	-17,55	-18,28
81	80	-18,00	-19,80	-16,21	-18,60	-17,69	-17,58	-18,30
77	82	2,13	0,56	3,69	2,23	2,08	2,06	2,17
82	83	-22,77	-22,79	-22,75	-23,51	-22,38	-22,25	-23,14
83	84	-11,95	-11,81	-12,09	-12,36	-11,73	-11,66	-12,16
83	85	-21,59	-21,18	-21,99	-22,28	-21,22	-21,10	-21,94
84	85	-18,00	-17,57	-18,42	-18,62	-17,67	-17,56	-18,31
85	86	9,22	8,38	10,07	9,54	9,06	9,00	9,38
86	87	-2,03	-1,92	-2,13	-2,10	-1,99	-1,98	-2,06
85	88	-25,65	-25,01	-26,29	-26,50	-25,20	-25,05	-26,07
85	89	-36,34	-35,06	-37,61	-37,58	-35,69	-35,47	-36,96
88	89	-51,40	-49,56	-53,23	-53,13	-50,49	-50,18	-52,27
89	90	88,73	82,10	95,36	91,78	87,13	86,60	90,26
89	90	88,73	82,11	95,35	91,78	87,13	86,60	90,26
90	91	0,45	-0,42	1,32	0,45	0,45	0,45	0,45
89	92	136,90	128,68	145,11	141,53	134,46	133,65	139,22

89	92	136,90	128,67	145,12	141,53	134,46	133,65	139,22
91	92	-4,89	-5,50	-4,29	-5,08	-4,80	-4,77	-4,99
92	93	29,38	27,19	31,56	30,36	28,86	28,69	29,87
92	94	26,47	24,44	28,51	27,35	26,01	25,86	26,92
93	94	22,73	20,88	24,57	23,47	22,34	22,20	23,10
94	95	20,53	18,68	22,37	21,18	20,19	20,07	20,85
80	96	10,80	9,54	12,05	11,22	10,57	10,50	11,01
82	96	-3,97	-4,40	-3,53	-4,11	-3,89	-3,87	-4,04
94	96	9,15	7,84	10,46	9,40	9,01	8,97	9,28
80	97	14,77	13,29	16,24	15,32	14,47	14,38	15,05
80	98	16,76	15,00	18,51	17,37	16,44	16,33	17,06
80	99	11,75	10,31	13,19	12,19	11,52	11,44	11,97
92	100	16,46	15,17	17,76	17,00	16,18	16,09	16,73
94	100	2,96	1,84	4,08	3,10	2,88	2,86	3,03
95	96	-1,96	-2,71	-1,20	-2,07	-1,90	-1,88	-2,02
96	97	-6,56	-6,95	-6,17	-6,84	-6,41	-6,36	-6,70
98	100	-1,47	-2,21	-0,73	-1,48	-1,47	-1,46	-1,48
99	100	-10,79	-11,13	-10,45	-11,11	-10,62	-10,56	-10,95
100	101	-8,74	-8,82	-8,66	-9,01	-8,60	-8,55	-8,87
92	102	23,48	21,80	25,15	24,25	23,07	22,93	23,86
101	102	-20,61	-20,07	-21,15	-21,28	-20,26	-20,14	-20,95
100	103	64,92	60,41	69,43	67,14	63,76	63,37	66,04
100	104	29,21	27,26	31,15	30,25	28,66	28,48	29,73
103	104	17,33	16,20	18,46	17,91	17,03	16,93	17,62
103	105	23,46	21,96	24,96	24,22	23,06	22,93	23,84
100	106	31,83	29,72	33,94	32,93	31,25	31,06	32,38
104	105	25,44	23,52	27,36	26,34	24,97	24,81	25,89
105	106	4,62	3,87	5,38	4,78	4,54	4,52	4,70
105	107	14,14	12,94	15,33	14,62	13,88	13,80	14,38
105	108	13,01	11,69	14,34	13,45	12,78	12,71	13,23
106	107	12,76	11,68	13,84	13,20	12,53	12,46	12,98
108	109	11,88	10,62	13,15	12,28	11,67	11,60	12,08
103	110	31,90	29,47	34,33	33,02	31,31	31,12	32,46
109	110	7,59	6,55	8,64	7,84	7,46	7,42	7,72
110	111	-18,54	-17,62	-19,47	-19,17	-18,21	-18,10	-18,86
110	112	36,71	33,62	39,81	37,98	36,05	35,83	37,35
17	113	0,58	0,12	1,04	0,63	0,56	0,55	0,61
32	113	2,78	2,22	3,34	2,84	2,75	2,74	2,81
32	114	5,24	4,63	5,85	5,41	5,14	5,11	5,33
27	115	10,80	9,95	11,66	11,17	10,61	10,54	10,99
114	115	0,96	0,58	1,35	1,00	0,95	0,94	0,98
68	116	98,23	89,98	106,49	101,58	96,48	95,89	99,92
12	117	10,73	9,83	11,63	11,09	10,53	10,47	10,91

75	118	22,71	20,66	24,77	23,50	22,30	22,16	23,11
76	118	-4,84	-5,43	-4,26	-5,02	-4,74	-4,71	-4,93

Tabla A2.4. Potencia reactiva, flujo de potencia estocástico 02:00.

L/T		Flujo de potencia estocástico			Flujo de potencia normal			
Desde	Hasta	Potencia Activa [MW]						
		2:00	Lim_inf	Lim_sup	1:00	3:00	4:00	5:00
1	2	-15,93	-16,05	-15,81	-15,82	-15,98	-16,00	-15,87
1	3	-25,33	-25,52	-25,14	-25,03	-25,48	-25,54	-25,18
4	5	-26,59	-26,71	-26,48	-26,73	-26,52	-26,49	-26,66
3	5	-21,73	-21,84	-21,62	-21,47	-21,86	-21,91	-21,60
5	6	10,09	9,99	10,20	9,86	10,22	10,26	9,98
6	7	-2,29	-2,41	-2,18	-2,39	-2,24	-2,23	-2,34
8	9	-148,88	-148,88	-148,88	-147,21	-149,75	-150,04	-148,04
8	5	117,47	117,44	117,50	117,59	117,42	117,40	117,53
9	10	-43,07	-43,07	-43,07	-42,40	-43,42	-43,54	-42,73
4	11	5,13	5,07	5,19	4,91	5,25	5,29	5,02
5	11	8,15	8,11	8,20	7,94	8,26	8,30	8,05
11	12	-21,08	-21,25	-20,91	-21,60	-20,81	-20,72	-21,34
2	12	-22,86	-22,97	-22,74	-22,74	-22,91	-22,93	-22,80
3	12	-13,08	-13,15	-13,01	-13,05	-13,10	-13,10	-13,06
7	12	-3,83	-3,95	-3,71	-3,93	-3,78	-3,76	-3,88
11	13	12,78	12,69	12,87	12,74	12,81	12,81	12,76
12	14	3,82	3,71	3,94	3,79	3,84	3,84	3,81
13	15	-1,80	-1,90	-1,71	-1,87	-1,77	-1,76	-1,84
14	15	4,52	4,40	4,64	4,48	4,54	4,54	4,50
12	16	3,19	3,08	3,30	3,23	3,17	3,16	3,21
15	17	-40,56	-40,80	-40,32	-40,02	-40,84	-40,93	-40,29
16	17	-4,75	-4,86	-4,64	-4,70	-4,77	-4,78	-4,72
17	18	33,00	32,85	33,15	32,73	33,14	33,19	32,87
18	19	19,07	18,95	19,19	18,99	19,11	19,13	19,03
19	20	-0,70	-0,78	-0,63	-0,50	-0,81	-0,85	-0,60
15	19	17,46	17,25	17,67	17,41	17,49	17,49	17,43
20	21	-1,00	-1,06	-0,93	-0,80	-1,10	-1,13	-0,90
21	22	-7,22	-7,28	-7,16	-7,04	-7,31	-7,35	-7,13
22	23	-10,50	-10,56	-10,45	-10,36	-10,58	-10,61	-10,43
23	24	18,58	18,27	18,89	18,44	18,65	18,67	18,51
23	25	-45,31	-45,46	-45,17	-44,69	-45,64	-45,75	-45,00
26	25	20,56	20,55	20,56	20,58	20,54	20,54	20,57
25	27	32,07	32,02	32,12	31,86	32,19	32,23	31,96

27	28	0,72	0,67	0,78	0,67	0,75	0,76	0,69
28	29	-4,55	-4,61	-4,48	-4,63	-4,51	-4,49	-4,59
30	17	104,05	103,99	104,10	103,66	104,25	104,32	103,85
8	30	17,46	17,33	17,59	17,74	17,31	17,27	17,60
26	30	-24,58	-24,61	-24,55	-24,35	-24,70	-24,73	-24,47
17	31	13,66	13,49	13,83	13,60	13,70	13,71	13,63
29	31	-6,42	-6,49	-6,35	-6,51	-6,38	-6,37	-6,46
23	32	15,68	15,51	15,84	15,24	15,90	15,98	15,46
31	32	7,92	7,78	8,06	8,10	7,83	7,80	8,01
27	32	3,56	3,42	3,70	3,50	3,60	3,61	3,53
15	33	-5,02	-5,17	-4,86	-4,98	-5,03	-5,04	-5,00
19	34	-10,65	-10,81	-10,49	-10,62	-10,67	-10,67	-10,64
35	36	7,59	7,52	7,65	7,48	7,64	7,66	7,53
35	37	-16,59	-16,65	-16,52	-16,48	-16,64	-16,66	-16,53
33	37	-11,03	-11,19	-10,87	-10,99	-11,05	-11,05	-11,01
34	36	9,08	8,92	9,23	8,91	9,17	9,20	8,99
34	37	-58,87	-59,13	-58,61	-58,52	-59,05	-59,11	-58,70
38	37	128,60	128,44	128,75	128,08	128,87	128,96	128,34
37	39	8,00	7,84	8,17	7,81	8,11	8,14	7,91
37	40	2,64	2,44	2,83	2,40	2,76	2,80	2,52
30	38	18,80	18,61	19,00	18,83	18,79	18,79	18,82
39	40	-1,35	-1,55	-1,15	-1,60	-1,22	-1,18	-1,47
40	41	-0,56	-0,72	-0,40	-0,48	-0,60	-0,61	-0,52
40	42	-8,02	-8,19	-7,85	-7,94	-8,06	-8,07	-7,98
41	42	-9,44	-9,61	-9,27	-9,36	-9,48	-9,49	-9,40
43	44	-5,14	-5,26	-5,03	-4,99	-5,22	-5,25	-5,06
34	43	-2,24	-2,35	-2,12	-2,08	-2,32	-2,35	-2,16
44	45	2,48	2,38	2,57	2,61	2,41	2,39	2,54
45	46	-1,16	-1,24	-1,08	-1,23	-1,12	-1,11	-1,20
46	47	-8,23	-8,39	-8,08	-7,95	-8,38	-8,43	-8,09
46	48	-9,05	-9,13	-8,97	-8,93	-9,11	-9,13	-8,99
47	49	-7,98	-8,26	-7,70	-8,15	-7,90	-7,87	-8,06
42	49	-6,65	-7,10	-6,19	-6,23	-6,86	-6,93	-6,44
42	49	-6,65	-7,10	-6,19	-6,23	-6,86	-6,93	-6,44
45	49	-6,51	-6,60	-6,42	-6,34	-6,60	-6,63	-6,42
48	49	0,28	0,20	0,35	0,39	0,22	0,20	0,33
49	50	17,20	17,06	17,34	17,02	17,29	17,32	17,11
49	51	24,16	24,01	24,32	23,97	24,27	24,30	24,07
51	52	8,49	8,43	8,54	8,40	8,53	8,55	8,44
52	53	4,60	4,54	4,66	4,50	4,65	4,67	4,55
53	54	-2,81	-2,88	-2,75	-2,92	-2,76	-2,74	-2,86
49	54	16,16	15,92	16,40	16,02	16,24	16,26	16,09
49	54	14,96	14,72	15,20	14,80	15,05	15,08	14,88

54	55	2,23	2,16	2,29	2,19	2,24	2,25	2,21
54	56	6,98	6,64	7,32	6,88	7,03	7,05	6,93
55	56	-8,73	-9,00	-8,46	-8,62	-8,79	-8,81	-8,67
56	57	-15,46	-15,64	-15,27	-15,22	-15,58	-15,63	-15,34
50	57	14,26	14,10	14,42	14,05	14,37	14,41	14,15
56	58	-9,11	-9,26	-8,95	-8,90	-9,21	-9,25	-9,00
51	58	8,45	8,30	8,60	8,25	8,56	8,60	8,35
54	59	-11,68	-11,81	-11,55	-11,53	-11,76	-11,78	-11,61
56	59	-9,38	-9,71	-9,06	-9,19	-9,48	-9,51	-9,29
56	59	-9,46	-9,78	-9,13	-9,26	-9,56	-9,60	-9,36
55	59	-13,05	-13,19	-12,92	-12,88	-13,14	-13,17	-12,97
59	60	-2,50	-2,70	-2,31	-2,28	-2,62	-2,66	-2,39
59	61	-1,84	-2,04	-1,63	-1,59	-1,97	-2,01	-1,71
60	61	3,86	3,77	3,95	4,05	3,76	3,73	3,95
60	62	-6,48	-6,58	-6,38	-6,50	-6,47	-6,47	-6,49
61	62	-11,10	-11,24	-10,95	-11,20	-11,04	-11,02	-11,15
63	59	71,22	71,09	71,35	71,07	71,30	71,32	71,14
63	64	-71,22	-71,35	-71,08	-71,07	-71,30	-71,32	-71,14
64	61	19,98	19,79	20,17	19,78	20,08	20,12	19,88
38	65	-70,55	-70,94	-70,16	-70,05	-70,81	-70,90	-70,30
64	65	-72,68	-72,92	-72,43	-72,42	-72,81	-72,85	-72,55
49	66	-13,38	-13,70	-13,06	-12,78	-13,70	-13,80	-13,08
49	66	-13,38	-13,70	-13,06	-12,78	-13,70	-13,80	-13,08
62	66	-21,81	-21,93	-21,69	-21,65	-21,90	-21,93	-21,73
62	67	-18,72	-18,83	-18,60	-18,56	-18,80	-18,83	-18,64
65	66	72,26	72,25	72,26	72,26	72,26	72,26	72,26
66	67	21,53	21,44	21,61	21,42	21,58	21,60	21,47
65	68	-20,25	-20,68	-19,81	-20,23	-20,26	-20,26	-20,24
47	69	2,55	2,18	2,93	2,98	2,33	2,26	2,77
49	69	2,42	2,03	2,81	2,82	2,21	2,14	2,62
68	69	111,25	111,06	111,44	111,36	111,19	111,17	111,31
69	70	22,63	22,43	22,83	22,27	22,82	22,88	22,45
24	70	-3,00	-3,02	-2,98	-2,99	-3,00	-3,00	-3,00
70	71	-11,05	-11,20	-10,90	-11,14	-11,00	-10,99	-11,10
24	72	3,91	3,76	4,07	3,93	3,90	3,90	3,92
71	72	-0,17	-0,32	-0,03	-0,24	-0,14	-0,13	-0,21
71	73	-10,11	-10,13	-10,08	-10,13	-10,10	-10,09	-10,12
70	74	15,25	15,09	15,40	15,16	15,29	15,31	15,20
70	75	7,87	7,73	8,00	7,95	7,82	7,81	7,91
69	75	29,01	28,74	29,28	28,54	29,26	29,34	28,77
74	75	-21,41	-21,75	-21,07	-20,85	-21,70	-21,80	-21,13
76	77	-31,95	-32,21	-31,70	-31,60	-32,14	-32,20	-31,77
69	77	12,53	11,97	13,09	12,12	12,74	12,81	12,33

75	77	-14,25	-14,45	-14,06	-14,13	-14,32	-14,35	-14,19
77	78	0,81	0,71	0,91	0,99	0,72	0,69	0,90
78	79	-24,00	-24,10	-23,89	-23,82	-24,09	-24,12	-23,91
77	80	-55,19	-55,64	-54,74	-54,63	-55,48	-55,58	-54,91
77	80	-27,50	-27,95	-27,05	-27,28	-27,61	-27,65	-27,39
79	80	-35,05	-35,16	-34,95	-34,89	-35,14	-35,17	-34,97
68	81	-6,04	-6,18	-5,91	-6,01	-6,06	-6,07	-6,03
81	80	74,43	74,32	74,53	74,46	74,41	74,41	74,45
77	82	7,80	7,28	8,32	8,05	7,67	7,63	7,93
82	83	16,33	15,91	16,74	16,55	16,21	16,17	16,44
83	84	10,43	10,22	10,63	10,55	10,36	10,34	10,49
83	85	9,15	8,96	9,34	9,23	9,11	9,10	9,19
84	85	5,57	5,38	5,75	5,67	5,51	5,49	5,62
85	86	-6,93	-6,96	-6,90	-6,95	-6,92	-6,92	-6,94
86	87	-14,39	-14,43	-14,35	-14,42	-14,38	-14,37	-14,40
85	88	-1,66	-1,80	-1,53	-1,36	-1,82	-1,87	-1,51
85	89	-7,54	-7,65	-7,43	-7,29	-7,67	-7,71	-7,41
88	89	-9,66	-9,77	-9,56	-9,41	-9,79	-9,84	-9,53
89	90	0,42	0,00	0,84	0,20	0,54	0,58	0,31
89	90	2,53	2,12	2,95	2,18	2,72	2,79	2,35
90	91	4,72	4,46	4,97	4,72	4,72	4,72	4,72
89	92	9,33	9,12	9,54	8,83	9,60	9,69	9,08
89	92	0,08	-0,13	0,30	-0,13	0,20	0,23	-0,02
91	92	-7,78	-8,04	-7,52	-7,72	-7,81	-7,82	-7,75
92	93	-9,15	-9,30	-8,99	-9,25	-9,09	-9,07	-9,20
92	94	-12,47	-12,63	-12,32	-12,59	-12,41	-12,39	-12,53
93	94	-14,81	-15,01	-14,62	-14,97	-14,73	-14,70	-14,89
94	95	10,27	10,07	10,47	10,25	10,28	10,28	10,26
80	96	18,95	18,79	19,10	19,00	18,92	18,92	18,97
82	96	-7,65	-7,81	-7,50	-7,64	-7,66	-7,66	-7,65
94	96	-7,97	-8,19	-7,74	-7,99	-7,95	-7,95	-7,98
80	97	23,51	23,36	23,66	23,56	23,48	23,47	23,53
80	98	8,33	8,17	8,49	8,29	8,34	8,35	8,31
80	99	9,68	9,51	9,86	9,59	9,73	9,74	9,64
92	100	-14,45	-14,53	-14,38	-14,54	-14,41	-14,39	-14,50
94	100	-41,58	-41,86	-41,30	-41,92	-41,40	-41,34	-41,75
95	96	-19,88	-20,08	-19,67	-19,90	-19,86	-19,86	-19,89
96	97	-18,59	-18,76	-18,43	-18,62	-18,58	-18,57	-18,61
98	100	3,00	2,82	3,18	2,95	3,03	3,04	2,97
99	100	-7,37	-7,58	-7,17	-7,30	-7,41	-7,43	-7,34
100	101	18,74	18,61	18,86	18,88	18,67	18,64	18,81
92	102	-6,90	-6,97	-6,82	-6,97	-6,86	-6,85	-6,93
101	102	6,45	6,34	6,56	6,58	6,39	6,36	6,52

100	103	-7,87	-8,21	-7,53	-8,46	-7,56	-7,45	-8,17
100	104	14,35	14,26	14,43	14,17	14,44	14,47	14,26
103	104	17,80	17,73	17,87	17,64	17,88	17,91	17,72
103	105	18,40	18,30	18,50	18,17	18,52	18,56	18,28
100	106	12,69	12,61	12,77	12,52	12,78	12,81	12,60
104	105	8,37	8,20	8,53	8,14	8,48	8,52	8,25
105	106	-0,58	-0,67	-0,48	-0,43	-0,65	-0,68	-0,50
105	107	0,74	0,61	0,87	0,61	0,81	0,83	0,68
105	108	-8,33	-8,55	-8,10	-8,44	-8,26	-8,24	-8,38
106	107	0,72	0,60	0,84	0,55	0,81	0,84	0,64
108	109	-7,77	-8,02	-7,53	-7,90	-7,71	-7,69	-7,84
103	110	12,15	12,02	12,29	11,97	12,25	12,28	12,06
109	110	-10,12	-10,37	-9,88	-10,26	-10,06	-10,03	-10,19
110	111	-4,44	-4,44	-4,44	-4,25	-4,54	-4,58	-4,35
110	112	-19,52	-19,96	-19,07	-19,96	-19,28	-19,20	-19,74
17	113	6,30	6,19	6,41	6,38	6,25	6,24	6,34
32	113	-17,42	-17,54	-17,30	-17,44	-17,41	-17,41	-17,43
32	114	0,96	0,90	1,01	0,98	0,94	0,94	0,97
27	115	5,59	5,54	5,65	5,57	5,60	5,61	5,58
114	115	-0,56	-0,61	-0,50	-0,53	-0,57	-0,58	-0,54
68	116	-61,16	-61,43	-60,89	-61,30	-61,09	-61,07	-61,23
12	117	4,76	4,75	4,77	4,77	4,75	4,75	4,77
75	118	29,11	28,86	29,36	28,87	29,23	29,27	28,99
76	118	-15,57	-15,83	-15,31	-15,32	-15,70	-15,74	-15,44

Tabla A2.5. Voltajes, flujo de potencia estocástico 08:00.

Barra	Flujo de potencia estocástico			Flujo de potencia normal		
	Voltajes					
	08:00	Lim_inf	Lim_sup	06:00	07:00	09:00
1	0,955	0,955	0,955	0,9550	0,9550	0,9550
2	0,9723	0,9722	0,9725	0,9724	0,9725	0,9722
3	0,9686	0,9685	0,9688	0,9687	0,9687	0,9685
4	0,9980	0,9980	0,9980	0,9980	0,9980	0,9980
5	1,0013	1,0013	1,0013	1,0013	1,0012	1,0014
6	0,9900	0,9900	0,9900	0,9900	0,9900	0,9900
7	0,9895	0,9895	0,9896	0,9895	0,9895	0,9895
8	1,0150	1,0150	1,0150	1,0150	1,0150	1,0150
9	1,0485	1,0485	1,0485	1,0488	1,0490	1,0480
10	1,0500	1,0500	1,0500	1,0500	1,0500	1,0500
11	0,9866	0,9865	0,9868	0,9867	0,9868	0,9864
12	0,9900	0,9900	0,9900	0,9900	0,9900	0,9900
13	0,9719	0,9716	0,9723	0,9722	0,9724	0,9715

14	0,9845	0,9844	0,9846	0,9845	0,9846	0,9844
15	0,9700	0,9700	0,9700	0,9700	0,9700	0,9700
16	0,9854	0,9852	0,9856	0,9855	0,9856	0,9852
17	0,9952	0,9952	0,9952	0,9952	0,9951	0,9952
18	0,9730	0,9730	0,9730	0,9730	0,9730	0,9730
19	0,9620	0,9620	0,9620	0,9620	0,9620	0,9620
20	0,9618	0,9616	0,9621	0,9621	0,9623	0,9612
21	0,9646	0,9643	0,9649	0,9649	0,9653	0,9637
22	0,9760	0,9757	0,9763	0,9764	0,9767	0,9752
23	1,0020	1,0019	1,0021	1,0021	1,0022	1,0018
24	0,9920	0,9920	0,9920	0,9920	0,9920	0,9920
25	1,0500	1,0500	1,0500	1,0500	1,0500	1,0500
26	1,0150	1,0150	1,0150	1,0150	1,0150	1,0150
27	0,9680	0,9680	0,9680	0,9680	0,9680	0,9680
28	0,9628	0,9627	0,9629	0,9629	0,9630	0,9626
29	0,9642	0,9641	0,9643	0,9643	0,9643	0,9641
30	0,9908	0,9907	0,9909	0,9911	0,9913	0,9902
31	0,9670	0,9670	0,9670	0,9670	0,9670	0,9670
32	0,9630	0,9630	0,9630	0,9630	0,9630	0,9630
33	0,9729	0,9727	0,9732	0,9730	0,9731	0,9727
34	0,9840	0,9840	0,9840	0,9840	0,9840	0,9840
35	0,9807	0,9807	0,9808	0,9808	0,9808	0,9807
36	0,9800	0,9800	0,9800	0,9800	0,9800	0,9800
37	0,9909	0,9909	0,9910	0,9909	0,9909	0,9909
38	0,9677	0,9675	0,9679	0,9681	0,9683	0,9670
39	0,9718	0,9716	0,9720	0,9719	0,9720	0,9716
40	0,9700	0,9700	0,9700	0,9700	0,9700	0,9700
41	0,9685	0,9682	0,9687	0,9686	0,9687	0,9682
42	0,9850	0,9850	0,9850	0,9850	0,9850	0,9850
43	0,9830	0,9826	0,9834	0,9834	0,9837	0,9822
44	0,9940	0,9933	0,9947	0,9946	0,9951	0,9927
45	0,9952	0,9945	0,9959	0,9958	0,9963	0,9941
46	1,0050	1,0050	1,0050	1,0050	1,0050	1,0050
47	1,0195	1,0193	1,0198	1,0197	1,0198	1,0192
48	1,0219	1,0217	1,0220	1,0220	1,0220	1,0217
49	1,0250	1,0250	1,0250	1,0250	1,0250	1,0250
50	1,0035	1,0033	1,0037	1,0037	1,0038	1,0032
51	0,9723	0,9720	0,9726	0,9726	0,9729	0,9716
52	0,9633	0,9629	0,9637	0,9637	0,9640	0,9624
53	0,9503	0,9500	0,9507	0,9506	0,9508	0,9498
54	0,9550	0,9550	0,9550	0,9550	0,9550	0,9550
55	0,9520	0,9520	0,9520	0,9520	0,9520	0,9520
56	0,9540	0,9540	0,9540	0,9540	0,9540	0,9540

57	0,9729	0,9727	0,9731	0,9730	0,9731	0,9726
58	0,9629	0,9627	0,9631	0,9631	0,9633	0,9624
59	0,9850	0,9850	0,9850	0,9850	0,9850	0,9850
60	0,9939	0,9938	0,9939	0,9939	0,9939	0,9938
61	0,9950	0,9950	0,9950	0,9950	0,9950	0,9950
62	0,9980	0,9980	0,9980	0,9980	0,9980	0,9980
63	0,9708	0,9705	0,9710	0,9709	0,9710	0,9705
64	0,9850	0,9849	0,9852	0,9851	0,9852	0,9849
65	1,0050	1,0050	1,0050	1,0050	1,0050	1,0050
66	1,0500	1,0500	1,0500	1,0500	1,0500	1,0500
67	1,0214	1,0212	1,0216	1,0215	1,0216	1,0212
68	1,0032	1,0032	1,0032	1,0032	1,0032	1,0032
70	0,9840	0,9840	0,9840	0,9840	0,9840	0,9840
71	0,9869	0,9869	0,9869	0,9869	0,9869	0,9869
72	0,9800	0,9800	0,9800	0,9800	0,9800	0,9800
73	0,9910	0,9910	0,9910	0,9910	0,9910	0,9910
74	0,9580	0,9580	0,9580	0,9580	0,9580	0,9580
75	0,9699	0,9698	0,9701	0,9701	0,9702	0,9696
76	0,9430	0,9430	0,9430	0,9430	0,9430	0,9430
77	1,0060	1,0060	1,0060	1,0060	1,0060	1,0060
78	1,0045	1,0044	1,0047	1,0046	1,0047	1,0044
79	1,0108	1,0107	1,0110	1,0109	1,0110	1,0106
80	1,0400	1,0400	1,0400	1,0400	1,0400	1,0400
81	0,9966	0,9965	0,9967	0,9966	0,9966	0,9966
82	0,9940	0,9937	0,9944	0,9943	0,9946	0,9933
83	0,9899	0,9896	0,9903	0,9902	0,9905	0,9893
84	0,9827	0,9826	0,9829	0,9829	0,9831	0,9824
85	0,9850	0,9850	0,9850	0,9850	0,9850	0,9850
86	0,9884	0,9881	0,9886	0,9885	0,9886	0,9881
87	1,0150	1,0150	1,0150	1,0150	1,0150	1,0150
88	0,9903	0,9901	0,9905	0,9905	0,9906	0,9900
89	1,0050	1,0050	1,0050	1,0050	1,0050	1,0050
90	0,9850	0,9850	0,9850	0,9850	0,9850	0,9850
91	0,9800	0,9800	0,9800	0,9800	0,9800	0,9800
92	0,9900	0,9900	0,9900	0,9900	0,9900	0,9900
93	0,9889	0,9887	0,9891	0,9891	0,9893	0,9885
94	0,9941	0,9938	0,9943	0,9943	0,9945	0,9936
95	0,9863	0,9859	0,9866	0,9866	0,9869	0,9855
96	0,9974	0,9971	0,9977	0,9977	0,9979	0,9968
97	1,0144	1,0142	1,0145	1,0145	1,0147	1,0140
98	1,0255	1,0253	1,0258	1,0256	1,0258	1,0252
99	1,0100	1,0100	1,0100	1,0100	1,0100	1,0100
100	1,0170	1,0170	1,0170	1,0170	1,0170	1,0170

101	0,9937	0,9935	0,9939	0,9938	0,9939	0,9934
102	0,9904	0,9903	0,9905	0,9905	0,9905	0,9903
103	1,0100	1,0100	1,0100	1,0100	1,0100	1,0100
104	0,9710	0,9710	0,9710	0,9710	0,9710	0,9710
105	0,9650	0,9650	0,9650	0,9650	0,9650	0,9650
106	0,9637	0,9635	0,9640	0,9639	0,9640	0,9634
107	0,9520	0,9520	0,9520	0,9520	0,9520	0,9520
108	0,9668	0,9668	0,9669	0,9669	0,9669	0,9668
109	0,9677	0,9677	0,9678	0,9678	0,9678	0,9676
110	0,9730	0,9730	0,9730	0,9730	0,9730	0,9730
111	0,9800	0,9800	0,9800	0,9800	0,9800	0,9800
112	0,9750	0,9750	0,9750	0,9750	0,9750	0,9750
113	0,9930	0,9930	0,9930	0,9930	0,9930	0,9930
114	0,9610	0,9609	0,9611	0,9610	0,9611	0,9608
115	0,9610	0,9609	0,9611	0,9610	0,9611	0,9608
116	1,0050	1,0050	1,0050	1,0050	1,0050	1,0050
117	0,9766	0,9763	0,9770	0,9768	0,9770	0,9762
118	0,9519	0,9517	0,9521	0,9520	0,9522	0,9516

Tabla A2.6. Ángulos, flujo de potencia estocástico 08:00.

Barra	Flujo de potencia estocástico			Flujo de potencia normal		
	Ángulos					
	08:00	Lim_inf	Lim_sup	06:00	07:00	09:00
1	17,19	16,21	18,16	17,73	18,24	15,97
2	17,41	16,45	18,36	17,93	18,42	16,24
3	17,63	16,67	18,59	18,15	18,63	16,48
4	19,80	18,88	20,72	20,22	20,61	18,85
5	20,06	19,15	20,98	20,47	20,86	19,14
6	18,42	17,48	19,36	18,89	19,33	17,35
7	18,14	17,20	19,08	18,62	19,08	17,05
8	23,19	22,31	24,06	23,48	23,75	22,52
9	27,52	26,65	28,39	27,65	27,76	27,22
10	32,12	31,25	32,99	32,08	32,03	32,20
11	18,26	17,32	19,20	18,74	19,19	17,17
12	17,92	16,98	18,86	18,41	18,88	16,81
13	17,51	16,58	18,44	18,02	18,51	16,35
14	17,54	16,62	18,46	18,05	18,53	16,40
15	17,57	16,71	18,44	18,09	18,58	16,41
16	17,79	16,88	18,70	18,29	18,76	16,67
17	18,98	18,15	19,82	19,43	19,85	17,97
18	17,75	16,89	18,60	18,25	18,73	16,61
19	17,54	16,70	18,39	18,07	18,56	16,37

20	18,10	17,28	18,92	18,60	19,07	16,97
21	19,09	18,29	19,88	19,55	19,98	18,05
22	20,64	19,88	21,40	21,04	21,42	19,74
23	23,64	22,93	24,36	23,92	24,18	23,01
24	23,79	23,17	24,41	24,07	24,33	23,16
25	27,61	26,85	28,38	27,73	27,84	27,33
26	28,69	27,91	29,46	28,77	28,84	28,49
27	20,23	19,37	21,09	20,65	21,06	19,26
28	19,16	18,30	20,02	19,63	20,07	18,11
29	18,53	17,66	19,39	19,02	19,48	17,43
30	22,09	21,30	22,88	22,42	22,73	21,34
31	18,59	17,73	19,45	19,07	19,53	17,50
32	19,94	19,10	20,78	20,38	20,79	18,95
33	17,24	16,45	18,03	17,76	18,25	16,06
34	17,70	16,98	18,41	18,19	18,66	16,58
35	17,43	16,70	18,15	17,94	18,42	16,28
36	17,43	16,71	18,15	17,94	18,43	16,29
37	17,94	17,23	18,65	18,42	18,88	16,85
38	21,12	20,45	21,79	21,48	21,83	20,29
39	16,00	15,27	16,73	16,57	17,10	14,72
40	15,39	14,64	16,14	15,98	16,54	14,06
41	15,13	14,38	15,88	15,73	16,30	13,78
42	16,11	15,37	16,84	16,66	17,19	14,86
43	17,74	17,08	18,39	18,23	18,70	16,63
44	19,35	18,76	19,93	19,77	20,17	18,39
45	20,53	19,96	21,10	20,91	21,27	19,68
46	22,35	21,83	22,87	22,66	22,96	21,64
47	23,69	23,24	24,15	23,95	24,18	23,13
48	23,10	22,57	23,62	23,37	23,63	22,48
49	23,71	23,18	24,24	23,96	24,20	23,14
50	22,52	21,95	23,09	22,82	23,11	21,83
51	21,03	20,40	21,67	21,41	21,77	20,19
52	20,49	19,83	21,14	20,89	21,27	19,59
53	19,94	19,24	20,64	20,37	20,77	18,97
54	20,49	19,77	21,21	20,90	21,28	19,58
55	20,32	19,59	21,06	20,74	21,13	19,39
56	20,44	19,71	21,16	20,85	21,24	19,51
57	21,08	20,43	21,74	21,46	21,81	20,24
58	20,60	19,93	21,27	21,00	21,37	19,71
59	22,78	22,01	23,54	23,08	23,36	22,10
60	25,10	24,48	25,72	25,31	25,50	24,63
61	25,65	25,05	26,26	25,84	26,02	25,23
62	25,27	24,68	25,87	25,48	25,67	24,82

63	24,89	24,26	25,52	25,11	25,31	24,40
64	25,96	25,41	26,52	26,14	26,30	25,57
65	27,90	27,49	28,32	27,99	28,08	27,69
66	27,67	27,19	28,15	27,77	27,86	27,45
67	26,09	25,56	26,63	26,26	26,41	25,72
68	28,00	27,70	28,30	28,09	28,17	27,81
70	25,37	25,12	25,62	25,58	25,77	24,90
71	25,04	24,77	25,32	25,26	25,47	24,55
72	24,13	23,70	24,56	24,40	24,65	23,54
73	24,89	24,62	25,17	25,12	25,33	24,39
74	24,99	24,72	25,26	25,23	25,46	24,45
75	25,68	25,45	25,92	25,89	26,08	25,22
76	25,08	24,75	25,42	25,33	25,57	24,52
77	27,62	27,27	27,96	27,73	27,85	27,35
78	27,40	27,04	27,76	27,53	27,65	27,11
79	27,51	27,14	27,89	27,63	27,74	27,25
80	28,68	28,29	29,08	28,74	28,80	28,54
81	28,28	27,96	28,60	28,36	28,43	28,11
82	27,71	27,17	28,24	27,83	27,94	27,43
83	28,40	27,81	28,99	28,50	28,59	28,17
84	29,95	29,25	30,64	30,00	30,05	29,82
85	30,87	30,13	31,61	30,89	30,91	30,81
86	29,97	29,21	30,72	30,02	30,07	29,84
87	30,05	29,29	30,81	30,09	30,13	29,95
88	32,68	31,85	33,51	32,64	32,59	32,78
89	35,10	34,23	35,96	34,96	34,82	35,39
90	31,23	30,17	32,29	31,24	31,25	31,19
91	31,29	30,33	32,25	31,31	31,32	31,25
92	31,60	30,78	32,41	31,59	31,58	31,60
93	29,76	29,03	30,49	29,82	29,87	29,62
94	28,44	27,77	29,10	28,54	28,63	28,20
95	27,91	27,29	28,54	28,04	28,15	27,64
96	27,80	27,25	28,36	27,92	28,03	27,54
97	28,04	27,56	28,51	28,13	28,23	27,81
98	27,65	27,14	28,16	27,76	27,86	27,40
99	27,40	26,78	28,02	27,53	27,65	27,10
100	27,91	27,21	28,60	28,02	28,12	27,65
101	28,96	28,22	29,71	29,05	29,12	28,76
102	30,65	29,86	31,44	30,68	30,70	30,58
103	25,59	24,83	26,36	25,80	25,99	25,14
104	24,23	23,43	25,04	24,51	24,77	23,61
105	23,58	22,76	24,41	23,89	24,17	22,90
106	23,41	22,58	24,23	23,72	24,01	22,72

107	21,76	20,87	22,65	22,14	22,50	20,91
108	22,80	21,94	23,66	23,13	23,44	22,05
109	22,50	21,62	23,38	22,84	23,16	21,73
110	21,92	20,99	22,85	22,28	22,61	21,11
111	22,87	21,95	23,80	23,19	23,49	22,16
112	19,97	18,94	20,99	20,39	20,80	19,00
113	19,00	18,17	19,84	19,45	19,88	17,99
114	19,72	18,87	20,57	20,17	20,59	18,71
115	19,71	18,86	20,57	20,16	20,58	18,70
116	27,73	27,42	28,04	27,82	27,91	27,51
117	17,00	16,05	17,96	17,53	18,03	15,81
118	25,14	24,86	25,42	25,38	25,61	24,61

Tabla A2.7. Potencia activa, flujo de potencia estocástico 08:00.

L/T		Flujo de potencia estocastico			Flujo de potencia normal		
		Potencia activa[MW]					
Desde	Hasta	08:00	Lim_inf	Lim_sup	06:00	07:00	08:00
1	2	-7,91	-8,61	-7,20	-7,63	-7,36	-8,53
1	3	-24,08	-24,56	-23,61	-23,19	-22,34	-26,07
4	5	-64,41	-63,04	-65,77	-62,05	-59,82	-69,64
3	5	-42,35	-41,69	-43,02	-40,77	-39,27	-45,86
5	6	54,96	50,60	59,31	52,92	50,99	59,47
6	7	21,97	19,46	24,48	21,16	20,39	23,76
8	9	-270,07	-256,57	-283,58	-260,27	-250,94	-291,83
8	5	210,41	196,08	224,75	202,67	195,30	227,64
9	10	-271,95	-258,36	-285,55	-262,03	-252,60	-293,98
4	11	39,94	36,98	42,90	38,49	37,10	43,17
5	11	48,06	44,63	51,49	46,31	44,64	51,95
11	12	21,99	18,80	25,19	21,23	20,50	23,69
2	12	-20,54	-20,82	-20,26	-19,80	-19,10	-22,19
3	12	-6,36	-6,85	-5,86	-6,14	-5,93	-6,84
7	12	10,02	8,05	12,00	9,66	9,30	10,85
11	13	21,27	18,76	23,79	20,50	19,77	22,99
12	14	10,58	8,89	12,27	10,20	9,84	11,42
13	15	-0,20	-1,22	0,82	-0,18	-0,17	-0,24
14	15	1,77	0,59	2,95	1,71	1,66	1,89
12	16	3,81	2,29	5,33	3,67	3,54	4,11
15	17	-65,02	-63,87	-66,16	-62,67	-60,44	-70,23
16	17	-11,88	-12,53	-11,23	-11,44	-11,02	-12,86
17	18	49,16	44,76	53,56	47,31	45,56	53,27
18	19	11,09	9,02	13,16	10,65	10,22	12,08
19	20	-7,28	-7,92	-6,64	-7,04	-6,81	-7,81

15	19	6,64	4,39	8,89	6,43	6,23	7,10
20	21	-18,59	-18,49	-18,69	-17,93	-17,31	-20,04
21	22	-27,44	-26,87	-28,01	-26,46	-25,52	-29,62
22	23	-33,89	-33,04	-34,73	-32,66	-31,50	-36,61
23	24	0,34	-3,15	3,83	0,44	0,52	0,05
23	25	-98,43	-94,83	-102,02	-94,94	-91,62	-106,14
26	25	54,45	50,21	58,69	52,52	50,68	58,74
25	27	88,11	82,21	94,01	84,85	81,75	95,37
27	28	20,65	18,67	22,62	19,90	19,19	22,30
28	29	9,89	8,53	11,26	9,54	9,21	10,67
30	17	143,48	133,64	153,31	138,13	133,05	155,36
8	30	42,10	36,05	48,14	40,68	39,33	45,19
26	30	136,54	128,19	144,88	131,46	126,63	147,82
17	31	8,85	6,77	10,93	8,49	8,15	9,65
29	31	-5,19	-6,10	-4,28	-4,99	-4,79	-5,65
23	32	59,38	54,44	64,32	57,20	55,14	64,23
31	32	-19,22	-19,43	-19,00	-18,53	-17,88	-20,73
27	32	7,50	5,83	9,17	7,24	7,00	8,07
15	33	3,46	1,74	5,17	3,35	3,25	3,68
19	34	-3,32	-4,57	-2,06	-3,18	-3,05	-3,64
35	36	0,24	-0,84	1,33	0,21	0,17	0,33
35	37	-20,95	-20,90	-20,99	-20,15	-19,39	-22,72
33	37	-10,98	-11,99	-9,97	-10,56	-10,16	-11,93
34	36	19,24	16,94	21,55	18,57	17,92	20,75
34	37	-59,39	-58,92	-59,85	-57,21	-55,14	-64,23
38	37	151,63	140,95	162,31	146,01	140,66	164,13
37	39	33,29	29,66	36,92	32,05	30,88	36,04
37	40	26,68	23,57	29,79	25,71	24,78	28,85
30	38	33,51	26,57	40,45	32,48	31,48	35,74
39	40	15,97	13,27	18,67	15,38	14,82	17,27
40	41	8,93	6,58	11,27	8,61	8,30	9,63
40	42	-8,16	-9,23	-7,10	-7,86	-7,57	-8,86
41	42	-14,30	-15,18	-13,41	-13,76	-13,26	-15,49
43	44	-11,53	-12,18	-10,89	-11,12	-10,73	-12,46
34	43	-0,24	-1,55	1,07	-0,24	-0,25	-0,25
44	45	-21,65	-21,91	-21,40	-20,87	-20,12	-23,41
45	46	-23,34	-23,42	-23,26	-22,47	-21,65	-25,28
46	47	-20,52	-20,63	-20,42	-19,75	-19,02	-22,25
46	48	-9,04	-9,26	-8,83	-8,71	-8,39	-9,78
47	49	-2,89	-5,01	-0,77	-2,80	-2,72	-3,06
42	49	-82,85	-82,36	-83,35	-79,79	-76,89	-89,67
42	49	-82,85	-82,36	-83,35	-79,79	-76,89	-89,67
45	49	-31,67	-31,45	-31,90	-30,53	-29,44	-34,22

48	49	-21,66	-21,64	-21,68	-20,86	-20,11	-23,43
49	50	34,57	31,33	37,81	33,37	32,23	37,24
49	51	42,83	38,91	46,76	41,34	39,92	46,16
51	52	18,23	16,38	20,08	17,58	16,96	19,68
52	53	6,85	5,79	7,92	6,62	6,39	7,37
53	54	-7,61	-8,21	-7,02	-7,32	-7,04	-8,27
49	54	48,15	42,74	53,56	46,41	44,75	52,03
49	54	48,15	42,74	53,57	46,41	44,75	52,03
54	55	4,47	3,48	5,45	4,30	4,15	4,83
54	56	11,12	7,29	14,94	10,68	10,26	12,09
55	56	-14,35	-15,92	-12,77	-13,89	-13,46	-15,35
56	57	-15,48	-16,05	-14,91	-14,98	-14,51	-16,59
50	57	23,53	21,00	26,06	22,74	21,99	25,29
56	58	-5,18	-6,07	-4,30	-5,06	-4,95	-5,45
51	58	12,80	11,03	14,58	12,40	12,02	13,69
54	59	-18,16	-18,68	-17,65	-17,42	-16,72	-19,80
56	59	-35,28	-35,91	-34,64	-33,95	-32,68	-38,24
56	59	-35,28	-35,91	-34,64	-33,95	-32,68	-38,24
55	59	-20,71	-21,11	-20,31	-19,88	-19,09	-22,57
59	60	-27,24	-28,02	-26,45	-26,23	-25,27	-29,48
59	61	-32,47	-32,97	-31,98	-31,27	-30,12	-35,15
60	61	-69,68	-69,14	-70,22	-67,07	-64,58	-75,50
60	62	-6,73	-7,92	-5,53	-6,52	-6,32	-7,19
61	62	14,94	12,27	17,61	14,31	13,71	16,34
63	59	95,04	83,84	106,24	91,37	87,88	103,21
63	64	-95,04	-97,00	-93,08	-91,37	-87,88	-103,21
64	61	20,27	15,52	25,02	19,35	18,49	22,32
38	65	-118,25	-118,34	-118,15	-113,65	-109,30	-128,53
64	65	-115,54	-119,39	-111,69	-110,94	-106,58	-125,78
49	66	-165,29	-160,51	-170,06	-159,33	-153,68	-178,53
49	66	-165,29	-160,51	-170,06	-159,33	-153,68	-178,53
62	66	-24,09	-24,16	-24,03	-23,27	-22,48	-25,92
62	67	-16,03	-16,62	-15,45	-15,51	-15,00	-17,21
65	66	12,29	7,47	17,12	12,00	11,74	12,98
66	67	34,07	30,83	37,32	32,88	31,75	36,72
65	68	-10,08	-24,86	4,69	-9,20	-8,41	-12,22
47	69	-39,13	-41,78	-36,48	-37,65	-36,25	-42,45
49	69	-33,17	-35,78	-30,57	-31,91	-30,72	-36,01
68	69	-104,59	-119,25	-89,93	-100,19	-96,06	-114,60
69	70	71,24	67,91	74,56	68,43	65,77	77,54
24	70	-6,52	-7,95	-5,08	-6,23	-5,96	-7,19
70	71	12,74	10,35	15,14	12,21	11,71	13,95
24	72	-1,36	-2,98	0,26	-1,24	-1,14	-1,63

71	72	8,94	6,77	11,11	8,55	8,19	9,84
71	73	3,77	3,28	4,26	3,64	3,50	4,08
70	74	9,65	7,74	11,57	9,28	8,93	10,47
70	75	-0,71	-1,97	0,55	-0,71	-0,70	-0,73
69	75	72,97	69,87	76,06	70,22	67,63	79,12
74	75	-33,16	-34,11	-32,20	-31,96	-30,82	-35,82
76	77	-36,86	-37,07	-36,65	-35,53	-34,27	-39,80
69	77	47,79	42,04	53,53	45,81	43,95	52,27
75	77	-19,83	-20,49	-19,16	-19,14	-18,49	-21,34
77	78	31,26	26,33	36,19	30,15	29,09	33,75
78	79	-13,31	-14,45	-12,18	-12,79	-12,29	-14,46
77	80	-83,29	-82,71	-83,88	-80,48	-77,80	-89,51
77	80	-83,29	-82,68	-83,91	-80,48	-77,80	-89,51
79	80	-37,82	-37,43	-38,20	-36,40	-35,04	-40,96
68	81	-20,98	-27,86	-14,10	-20,26	-19,56	-22,53
81	80	-21,01	-27,42	-14,59	-20,29	-19,59	-22,56
77	82	2,72	-1,46	6,90	2,56	2,41	3,13
82	83	-26,53	-28,40	-24,65	-25,61	-24,74	-28,52
83	84	-14,06	-14,62	-13,49	-13,54	-13,05	-15,18
83	85	-25,14	-25,74	-24,54	-24,27	-23,44	-27,04
84	85	-21,18	-21,43	-20,93	-20,40	-19,66	-22,90
85	86	10,84	9,24	12,44	10,44	10,06	11,72
86	87	-2,39	-2,27	-2,51	-2,30	-2,21	-2,58
85	88	-30,00	-30,28	-29,72	-28,94	-27,92	-32,35
85	89	-42,70	-42,07	-43,33	-41,14	-39,66	-46,15
88	89	-60,30	-59,31	-61,28	-58,11	-56,03	-65,14
89	90	104,47	93,16	115,78	100,59	96,91	113,09
89	90	104,47	93,19	115,75	100,59	96,91	113,09
90	91	0,44	-1,92	2,80	0,44	0,45	0,42
89	92	160,76	148,91	172,61	154,89	149,32	173,79
89	92	160,76	148,90	172,62	154,89	149,32	173,79
91	92	-5,85	-7,90	-3,79	-5,61	-5,39	-6,37
92	93	34,40	30,71	38,10	33,17	32,00	37,13
92	94	30,99	27,48	34,50	29,88	28,83	33,43
93	94	26,54	23,26	29,83	25,61	24,72	28,60
94	95	23,84	20,38	27,30	23,03	22,26	25,60
80	96	13,01	10,38	15,63	12,45	11,94	14,25
82	96	-4,68	-6,20	-3,16	-4,51	-4,35	-5,05
94	96	10,41	7,53	13,28	10,11	9,82	11,05
80	97	17,67	14,76	20,58	16,95	16,27	19,30
80	98	19,97	16,43	23,51	19,17	18,42	21,77
80	99	14,08	11,00	17,16	13,49	12,95	15,39
92	100	19,21	16,95	21,47	18,54	17,89	20,71

94	100	3,73	0,83	6,63	3,53	3,35	4,18
95	96	-2,60	-4,83	-0,38	-2,43	-2,28	-2,99
96	97	-8,04	-9,62	-6,46	-7,67	-7,32	-8,88
98	100	-1,47	-3,65	0,71	-1,48	-1,48	-1,42
99	100	-12,42	-14,24	-10,59	-12,03	-11,65	-13,26
100	101	-10,11	-11,03	-9,19	-9,78	-9,46	-10,85
92	102	27,46	24,69	30,22	26,48	25,55	29,63
101	102	-24,06	-24,21	-23,91	-23,21	-22,41	-25,93
100	103	76,41	69,06	83,77	73,58	70,89	82,74
100	104	34,60	31,52	37,69	33,27	32,01	37,57
103	104	20,32	18,56	22,07	19,58	18,88	21,95
103	105	27,40	25,10	29,69	26,43	25,51	29,56
100	106	37,53	34,20	40,86	36,12	34,79	40,66
104	105	30,09	26,78	33,39	28,94	27,86	32,64
105	106	5,42	3,69	7,15	5,22	5,04	5,86
105	107	16,64	14,46	18,83	16,03	15,44	18,02
105	108	15,28	12,64	17,93	14,72	14,19	16,53
106	107	15,01	13,04	16,99	14,46	13,93	16,25
108	109	13,94	11,38	16,51	13,44	12,95	15,08
103	110	37,69	33,48	41,89	36,26	34,91	40,87
109	110	8,90	6,61	11,19	8,57	8,27	9,62
110	111	-21,78	-20,70	-22,87	-20,99	-20,23	-23,55
110	112	43,24	37,58	48,90	41,63	40,10	46,81
17	113	0,83	-0,41	2,07	0,77	0,71	0,96
32	113	3,10	1,77	4,42	3,02	2,94	3,27
32	114	6,16	4,89	7,42	5,93	5,71	6,66
27	115	12,71	11,21	14,20	12,24	11,79	13,74
114	115	1,13	0,13	2,13	1,09	1,05	1,23
68	116	115,48	100,47	130,49	111,24	107,21	124,90
12	117	12,61	10,97	14,25	12,15	11,71	13,65
75	118	26,78	22,89	30,66	25,77	24,82	29,02
76	118	-5,80	-7,80	-3,80	-5,56	-5,33	-6,34

Tabla A2.8. Potencia reactiva, flujo de potencia estocástico 08:00.

		Flujo de potencia estocástico			Flujo de potencia normal		
L/T		Potencia reactiva[MW]					
Desde	Hasta	8:00	Lim_inf	Lim_sup	06:00	07:00	09:00
1	2	-15,35	-15,69	-15,01	-15,49	-15,63	-15,04
1	3	-23,78	-24,31	-23,26	-24,17	-24,53	-22,92
4	5	-27,17	-27,48	-26,86	-27,05	-26,93	-27,37
3	5	-20,39	-20,71	-20,07	-20,72	-21,04	-19,64
5	6	8,91	8,63	9,19	9,20	9,48	8,26

6	7	-2,78	-3,10	-2,46	-2,66	-2,55	-3,04
8	9	-139,85	-139,85	-139,85	-142,16	-144,30	-134,51
8	5	118,22	118,09	118,35	118,00	117,82	118,77
9	10	-39,61	-39,61	-39,61	-40,46	-41,27	-37,71
4	11	4,00	3,85	4,14	4,27	4,53	3,40
5	11	7,09	6,97	7,21	7,35	7,60	6,52
11	12	-23,76	-24,24	-23,28	-23,10	-22,47	-25,25
2	12	-22,28	-22,61	-21,95	-22,42	-22,56	-21,97
3	12	-12,92	-13,12	-12,71	-12,96	-12,99	-12,83
7	12	-4,34	-4,68	-4,01	-4,22	-4,10	-4,63
11	13	12,55	12,32	12,79	12,61	12,66	12,43
12	14	3,66	3,35	3,98	3,70	3,74	3,58
13	15	-2,13	-2,38	-1,87	-2,05	-1,97	-2,30
14	15	4,33	4,01	4,66	4,38	4,42	4,24
12	16	3,43	3,13	3,74	3,37	3,31	3,58
15	17	-37,72	-38,40	-37,03	-38,43	-39,10	-36,10
16	17	-4,51	-4,82	-4,20	-4,57	-4,63	-4,36
17	18	31,58	31,15	32,00	31,94	32,27	30,76
18	19	18,66	18,32	19,00	18,76	18,86	18,44
19	20	0,37	0,16	0,58	0,10	-0,15	0,99
15	19	17,20	16,62	17,78	17,26	17,32	17,06
20	21	0,06	-0,14	0,26	-0,21	-0,46	0,66
21	22	-6,26	-6,43	-6,08	-6,50	-6,72	-5,71
22	23	-9,75	-9,89	-9,62	-9,94	-10,11	-9,34
23	24	17,82	16,97	18,67	18,02	18,20	17,36
23	25	-42,08	-42,50	-41,67	-42,88	-43,64	-40,31
26	25	20,69	20,66	20,72	20,66	20,62	20,78
25	27	31,08	30,98	31,18	31,30	31,52	30,66
27	28	0,43	0,28	0,59	0,50	0,57	0,28
28	29	-4,95	-5,13	-4,76	-4,85	-4,76	-5,16
30	17	102,01	101,86	102,16	102,52	102,99	100,87
8	30	19,02	18,65	19,39	18,61	18,23	20,01
26	30	-23,16	-23,27	-23,04	-23,56	-23,91	-22,15
17	31	13,31	12,84	13,78	13,40	13,48	13,10
29	31	-6,85	-7,05	-6,65	-6,75	-6,65	-7,09
23	32	13,44	13,00	13,89	13,99	14,51	12,23
31	32	8,83	8,44	9,21	8,60	8,39	9,33
27	32	3,25	2,86	3,63	3,33	3,40	3,08
15	33	-4,81	-5,25	-4,37	-4,86	-4,91	-4,69
19	34	-10,48	-10,92	-10,04	-10,52	-10,56	-10,38
35	36	7,03	6,83	7,22	7,17	7,30	6,68
35	37	-16,03	-16,22	-15,83	-16,17	-16,30	-15,68
33	37	-10,83	-11,28	-10,37	-10,88	-10,93	-10,70

34	36	8,20	7,77	8,62	8,41	8,62	7,71
34	37	-56,84	-57,59	-56,09	-57,39	-57,88	-55,51
38	37	125,83	125,36	126,30	126,53	127,18	124,23
37	39	7,03	6,58	7,47	7,26	7,49	6,50
37	40	1,44	0,91	1,97	1,73	2,01	0,78
30	38	19,00	18,43	19,56	18,94	18,89	19,15
39	40	-2,65	-3,22	-2,07	-2,32	-2,02	-3,37
40	41	-0,14	-0,60	0,31	-0,25	-0,34	0,09
40	42	-7,63	-8,10	-7,16	-7,72	-7,82	-7,41
41	42	-9,04	-9,50	-8,57	-9,14	-9,23	-8,81
43	44	-4,32	-4,65	-3,99	-4,53	-4,72	-3,86
34	43	-1,41	-1,74	-1,08	-1,62	-1,81	-0,94
44	45	3,15	2,88	3,41	2,98	2,82	3,52
45	46	-1,55	-1,77	-1,32	-1,45	-1,36	-1,77
46	47	-6,73	-7,17	-6,28	-7,11	-7,46	-5,87
46	48	-8,44	-8,67	-8,22	-8,59	-8,74	-8,11
47	49	-8,88	-9,69	-8,06	-8,65	-8,43	-9,41
42	49	-4,45	-5,79	-3,11	-5,01	-5,52	-3,18
42	49	-4,45	-5,79	-3,11	-5,01	-5,52	-3,18
45	49	-5,63	-5,89	-5,37	-5,85	-6,05	-5,14
48	49	0,85	0,64	1,05	0,71	0,57	1,16
49	50	16,32	15,94	16,69	16,53	16,73	15,85
49	51	23,22	22,81	23,63	23,44	23,66	22,74
51	52	8,03	7,87	8,18	8,14	8,25	7,77
52	53	4,08	3,91	4,25	4,21	4,33	3,79
53	54	-3,35	-3,53	-3,17	-3,22	-3,09	-3,65
49	54	15,45	14,81	16,08	15,62	15,79	15,07
49	54	14,11	13,48	14,74	14,32	14,51	13,66
54	55	2,07	1,89	2,25	2,11	2,14	1,98
54	56	6,47	5,53	7,41	6,60	6,72	6,19
55	56	-8,13	-8,88	-7,39	-8,28	-8,42	-7,80
56	57	-14,20	-14,72	-13,67	-14,51	-14,81	-13,50
50	57	13,17	12,74	13,60	13,44	13,69	12,59
56	58	-8,04	-8,48	-7,60	-8,30	-8,55	-7,44
51	58	7,40	6,98	7,82	7,66	7,91	6,81
54	59	-10,91	-11,29	-10,54	-11,10	-11,28	-10,48
56	59	-8,40	-9,32	-7,48	-8,65	-8,88	-7,86
56	59	-8,41	-9,33	-7,49	-8,67	-8,92	-7,83
55	59	-12,17	-12,55	-11,79	-12,39	-12,60	-11,67
59	60	-1,33	-1,89	-0,77	-1,62	-1,90	-0,68
59	61	-0,53	-1,10	0,05	-0,85	-1,16	0,21
60	61	4,82	4,58	5,07	4,59	4,36	5,35
60	62	-6,58	-6,87	-6,30	-6,56	-6,53	-6,64

61	62	-11,64	-12,05	-11,23	-11,51	-11,38	-11,94
63	59	70,44	70,08	70,80	70,63	70,82	70,01
63	64	-70,44	-70,83	-70,06	-70,63	-70,82	-70,01
64	61	18,88	18,32	19,45	19,16	19,42	18,24
38	65	-67,85	-69,03	-66,66	-68,54	-69,18	-66,24
64	65	-71,36	-72,06	-70,66	-71,68	-71,99	-70,62
49	66	-10,20	-11,14	-9,26	-11,00	-11,75	-8,40
49	66	-10,20	-11,14	-9,26	-11,00	-11,75	-8,40
62	66	-20,94	-21,28	-20,60	-21,15	-21,36	-20,45
62	67	-17,88	-18,20	-17,55	-18,09	-18,28	-17,41
65	66	72,26	72,24	72,28	72,26	72,26	72,27
66	67	20,99	20,77	21,21	21,12	21,24	20,71
65	68	-20,13	-21,36	-18,90	-20,17	-20,20	-20,03
47	69	4,82	3,73	5,92	4,25	3,71	6,13
49	69	4,54	3,41	5,68	4,00	3,50	5,78
68	69	111,89	111,28	112,51	111,72	111,57	112,30
69	70	20,82	20,31	21,33	21,25	21,67	19,89
24	70	-2,96	-3,02	-2,91	-2,97	-2,98	-2,94
70	71	-11,53	-11,93	-11,13	-11,41	-11,30	-11,80
24	72	4,02	3,59	4,45	3,99	3,96	4,09
71	72	-0,54	-0,94	-0,14	-0,45	-0,36	-0,75
71	73	-10,24	-10,31	-10,18	-10,21	-10,18	-10,32
70	74	14,80	14,37	15,22	14,91	15,01	14,56
70	75	8,29	7,91	8,67	8,18	8,08	8,54
69	75	26,66	25,97	27,35	27,22	27,77	25,43
74	75	-18,45	-19,41	-17,49	-19,19	-19,89	-16,78
76	77	-30,09	-30,81	-29,38	-30,56	-30,99	-29,06
69	77	10,43	8,92	11,94	10,95	11,44	9,27
75	77	-13,60	-14,15	-13,05	-13,76	-13,91	-13,25
77	78	1,74	1,45	2,02	1,51	1,29	2,24
78	79	-23,11	-23,40	-22,82	-23,33	-23,53	-22,62
77	80	-52,32	-53,58	-51,06	-53,03	-53,70	-50,76
77	80	-26,38	-27,64	-25,12	-26,66	-26,92	-25,77
79	80	-34,18	-34,47	-33,90	-34,40	-34,60	-33,71
68	81	-5,86	-6,24	-5,48	-5,91	-5,95	-5,77
81	80	74,59	74,30	74,88	74,55	74,51	74,67
77	82	9,05	7,61	10,50	8,75	8,46	9,72
82	83	17,45	16,29	18,61	17,18	16,92	18,05
83	84	11,07	10,50	11,63	10,91	10,76	11,41
83	85	9,52	9,00	10,04	9,43	9,35	9,71
84	85	6,11	5,61	6,60	5,98	5,85	6,39
85	86	-7,03	-7,12	-6,95	-7,01	-6,98	-7,08
86	87	-14,53	-14,65	-14,42	-14,50	-14,47	-14,61

85	88	-0,11	-0,49	0,27	-0,50	-0,86	0,76
85	89	-6,21	-6,54	-5,89	-6,54	-6,86	-5,46
88	89	-8,36	-8,66	-8,07	-8,68	-8,99	-7,66
89	90	-0,71	-1,81	0,39	-0,44	-0,17	-1,30
89	90	0,74	-0,36	1,83	1,17	1,58	-0,20
90	91	4,72	4,01	5,44	4,72	4,72	4,73
89	92	6,82	6,27	7,38	7,42	8,00	5,52
89	92	-1,00	-1,55	-0,44	-0,74	-0,48	-1,56
91	92	-7,48	-8,21	-6,76	-7,56	-7,63	-7,32
92	93	-9,67	-10,08	-9,26	-9,55	-9,43	-9,92
92	94	-13,03	-13,44	-12,61	-12,90	-12,77	-13,30
93	94	-15,62	-16,15	-15,09	-15,43	-15,24	-16,05
94	95	10,21	9,66	10,75	10,22	10,23	10,19
80	96	19,19	18,77	19,62	19,13	19,08	19,33
82	96	-7,61	-8,04	-7,19	-7,62	-7,63	-7,60
94	96	-8,10	-8,73	-7,47	-8,07	-8,04	-8,16
80	97	23,77	23,36	24,19	23,71	23,65	23,92
80	98	8,15	7,72	8,58	8,20	8,24	8,06
80	99	9,22	8,75	9,69	9,33	9,44	8,96
92	100	-14,89	-15,09	-14,68	-14,78	-14,68	-15,11
94	100	-43,35	-44,14	-42,56	-42,91	-42,50	-44,34
95	96	-20,00	-20,58	-19,43	-19,98	-19,95	-20,07
96	97	-18,74	-19,20	-18,27	-18,70	-18,67	-18,81
98	100	2,71	2,20	3,23	2,79	2,85	2,54
99	100	-7,00	-7,56	-6,44	-7,09	-7,18	-6,80
100	101	19,46	19,11	19,82	19,28	19,11	19,86
92	102	-7,24	-7,43	-7,05	-7,16	-7,08	-7,41
101	102	7,11	6,80	7,41	6,95	6,79	7,47
100	103	-10,91	-11,83	-9,98	-10,16	-9,46	-12,55
100	104	13,48	13,27	13,69	13,69	13,89	13,03
103	104	16,99	16,79	17,19	17,19	17,38	16,55
103	105	17,24	16,97	17,51	17,52	17,79	16,61
100	106	11,86	11,65	12,06	12,05	12,24	11,44
104	105	7,20	6,74	7,65	7,48	7,76	6,56
105	106	0,20	-0,07	0,48	0,01	-0,18	0,66
105	107	0,09	-0,25	0,44	0,25	0,40	-0,26
105	108	-8,93	-9,55	-8,31	-8,78	-8,64	-9,26
106	107	-0,16	-0,50	0,18	0,06	0,26	-0,64
108	109	-8,44	-9,11	-7,77	-8,27	-8,12	-8,80
103	110	11,26	10,91	11,60	11,47	11,68	10,79
109	110	-10,80	-11,49	-10,11	-10,64	-10,48	-11,18
110	111	-3,44	-3,44	-3,44	-3,69	-3,92	-2,90
110	112	-21,80	-23,02	-20,58	-21,24	-20,71	-23,04

17	113	6,64	6,34	6,94	6,57	6,50	6,75
32	113	-17,51	-17,85	-17,17	-17,49	-17,47	-17,56
32	114	1,10	0,94	1,25	1,06	1,03	1,17
27	115	5,50	5,35	5,64	5,52	5,54	5,44
114	115	-0,42	-0,58	-0,27	-0,46	-0,49	-0,35
68	116	-61,87	-62,58	-61,16	-61,69	-61,53	-62,28
12	117	4,83	4,79	4,87	4,81	4,79	4,87
75	118	27,86	27,18	28,54	28,17	28,46	27,16
76	118	-14,27	-15,00	-13,54	-14,59	-14,90	-13,53

Tabla A.9 Voltajes, flujo de potencia estocástico, 22:00

Barra	Flujo de potencia estocástico			Flujo de potencia normal	
	Voltajes				
	22:00	Lim_inf	Lim_sup		
1	0,955	0,955	0,955	0,9550	0,9550
2		0,9721	0,9725	0,9721	0,9725
3	0,9686	0,9684	0,9688	0,9684	0,9687
4	0,9980	0,9980	0,9980	0,9980	0,9980
5	1,0014	1,0013	1,0014	1,0015	1,0012
6	0,9900	0,9900	0,9900	0,9900	0,9900
7	0,9895	0,9895	0,9895	0,9895	0,9895
8	1,0150	1,0150	1,0150	1,0150	1,0150
9	1,0483	1,0483	1,0483	1,0475	1,0489
10	1,0500	1,0500	1,0500	1,0500	1,0500
11	0,9865	0,9864	0,9867	0,9863	0,9868
12	0,9900	0,9900	0,9900	0,9900	0,9900
13	0,9717	0,9712	0,9722	0,9710	0,9723
14	0,9844	0,9843	0,9846	0,9843	0,9846
15	0,9700	0,9700	0,9700	0,9700	0,9700
16	0,9853	0,9851	0,9856	0,9851	0,9856
17	0,9952	0,9952	0,9953	0,9953	0,9952
18	0,9730	0,9730	0,9730	0,9730	0,9730
19	0,9620	0,9620	0,9620	0,9620	0,9620
20	0,9615	0,9612	0,9619	0,9607	0,9623
21	0,9642	0,9638	0,9646	0,9630	0,9652
22	0,9756	0,9753	0,9760	0,9744	0,9766
23	1,0019	1,0018	1,0020	1,0015	1,0022
24	0,9920	0,9920	0,9920	0,9920	0,9920
25	1,0500	1,0500	1,0500	1,0500	1,0500
26	1,0150	1,0150	1,0150	1,0150	1,0150
27	0,9680	0,9680	0,9680	0,9680	0,9680
28	0,9627	0,9626	0,9629	0,9625	0,9629

29	0,9641	0,9640	0,9643	0,9639	0,9643
30	0,9905	0,9904	0,9906	0,9897	0,9912
31	0,9670	0,9670	0,9670	0,9670	0,9670
32	0,9630	0,9630	0,9630	0,9630	0,9630
33	0,9728	0,9725	0,9731	0,9724	0,9731
34	0,9840	0,9840	0,9840	0,9840	0,9840
35	0,9807	0,9807	0,9808	0,9807	0,9808
36	0,9800	0,9800	0,9800	0,9800	0,9800
37	0,9909	0,9909	0,9910	0,9909	0,9909
38	0,9674	0,9671	0,9677	0,9663	0,9683
39	0,9717	0,9715	0,9719	0,9714	0,9719
40	0,9700	0,9700	0,9700	0,9700	0,9700
41	0,9684	0,9681	0,9686	0,9680	0,9686
42	0,9850	0,9850	0,9850	0,9850	0,9850
43	0,9826	0,9821	0,9832	0,9815	0,9836
44	0,9934	0,9926	0,9943	0,9916	0,9950
45	0,9947	0,9938	0,9956	0,9930	0,9962
46	1,0050	1,0050	1,0050	1,0050	1,0050
47	1,0194	1,0190	1,0197	1,0188	1,0198
48	1,0218	1,0216	1,0220	1,0216	1,0220
49	1,0250	1,0250	1,0250	1,0250	1,0250
50	1,0034	1,0031	1,0036	1,0029	1,0038
51	0,9720	0,9716	0,9724	0,9710	0,9729
52	0,9629	0,9624	0,9634	0,9617	0,9640
53	0,9501	0,9497	0,9505	0,9493	0,9508
54	0,9550	0,9550	0,9550	0,9550	0,9550
55	0,9520	0,9520	0,9520	0,9520	0,9520
56	0,9540	0,9540	0,9540	0,9540	0,9540
57	0,9728	0,9725	0,9730	0,9723	0,9731
58	0,9627	0,9624	0,9630	0,9619	0,9633
59	0,9850	0,9850	0,9850	0,9850	0,9850
60	0,9938	0,9937	0,9939	0,9937	0,9939
61	0,9950	0,9950	0,9950	0,9950	0,9950
62	0,9980	0,9980	0,9980	0,9980	0,9980
63	0,9706	0,9704	0,9709	0,9703	0,9710
64	0,9850	0,9848	0,9852	0,9847	0,9852
65	1,0050	1,0050	1,0050	1,0050	1,0050
66	1,0500	1,0500	1,0500	1,0500	1,0500
67	1,0213	1,0211	1,0215	1,0210	1,0216
68	1,0032	1,0032	1,0032	1,0032	1,0032
70	0,9840	0,9840	0,9840	0,9840	0,9840
71	0,9869	0,9869	0,9869	0,9869	0,9869
72	0,9800	0,9800	0,9800	0,9800	0,9800

73	0,9910	0,9910	0,9910	0,9910	0,9910
74	0,9580	0,9580	0,9580	0,9580	0,9580
75	0,9698	0,9695	0,9700	0,9693	0,9702
76	0,9430	0,9430	0,9430	0,9430	0,9430
77	1,0060	1,0060	1,0060	1,0060	1,0060
78	1,0045	1,0043	1,0046	1,0043	1,0047
79	1,0107	1,0105	1,0109	1,0104	1,0110
80	1,0400	1,0400	1,0400	1,0400	1,0400
81	0,9966	0,9965	0,9967	0,9966	0,9966
82	0,9937	0,9932	0,9941	0,9927	0,9945
83	0,9896	0,9892	0,9901	0,9887	0,9905
84	0,9826	0,9823	0,9828	0,9820	0,9830
85	0,9850	0,9850	0,9850	0,9850	0,9850
86	0,9883	0,9879	0,9886	0,9879	0,9886
87	1,0150	1,0150	1,0150	1,0150	1,0150
88	0,9902	0,9899	0,9904	0,9897	0,9906
89	1,0050	1,0050	1,0050	1,0050	1,0050
90	0,9850	0,9850	0,9850	0,9850	0,9850
91	0,9800	0,9800	0,9800	0,9800	0,9800
92	0,9900	0,9900	0,9900	0,9900	0,9900
93	0,9887	0,9885	0,9889	0,9881	0,9892
94	0,9938	0,9935	0,9941	0,9931	0,9945
95	0,9859	0,9854	0,9864	0,9849	0,9868
96	0,9971	0,9967	0,9975	0,9962	0,9979
97	1,0142	1,0140	1,0144	1,0136	1,0147
98	1,0254	1,0250	1,0257	1,0250	1,0257
99	1,0100	1,0100	1,0100	1,0100	1,0100
100	1,0170	1,0170	1,0170	1,0170	1,0170
101	0,9935	0,9933	0,9938	0,9931	0,9939
102	0,9903	0,9902	0,9905	0,9901	0,9905
103	1,0100	1,0100	1,0100	1,0100	1,0100
104	0,9710	0,9710	0,9710	0,9710	0,9710
105	0,9650	0,9650	0,9650	0,9650	0,9650
106	0,9636	0,9633	0,9639	0,9631	0,9640
107	0,9520	0,9520	0,9520	0,9520	0,9520
108	0,9668	0,9667	0,9669	0,9667	0,9669
109	0,9677	0,9676	0,9678	0,9676	0,9678
110	0,9730	0,9730	0,9730	0,9730	0,9730
111	0,9800	0,9800	0,9800	0,9800	0,9800
112	0,9750	0,9750	0,9750	0,9750	0,9750
113	0,9930	0,9930	0,9930	0,9930	0,9930
114	0,9609	0,9608	0,9610	0,9607	0,9611
115	0,9609	0,9608	0,9610	0,9607	0,9611

116	1,0050	1,0050	1,0050	1,0050	1,0050
117	0,9765	0,9760	0,9769	0,9759	0,9769
118	0,9517	0,9515	0,9520	0,9513	0,9521

Tabla A.10, Ángulos, flujo de potencia estocástico, 22:00.

Barra	Flujo de potencia estocástico			Flujo de potencia normal	
	Ángulos				
	22:00	Lim_inf	Lim_sup	23:00	24:00
1	16,6	15,4	17,9	14,89	18,14
2	16,9	15,6	18,1	15,20	18,32
3	17,10	15,85	18,35	15,45	18,54
4	19,36	18,17	20,55	18,01	20,53
5	19,64	18,45	20,83	18,32	20,78
6	17,92	16,70	19,14	16,40	19,25
7	17,64	16,42	18,86	16,08	18,99
8	22,88	21,74	24,01	21,92	23,70
9	27,38	26,25	28,52	26,94	27,74
10	32,16	31,02	33,29	32,25	32,04
11	17,76	16,54	18,98	16,21	19,10
12	17,41	16,19	18,63	15,83	18,79
13	16,97	15,76	18,18	15,32	18,41
14	17,01	15,82	18,21	15,38	18,43
15	17,04	15,92	18,16	15,38	18,48
16	17,27	16,09	18,46	15,67	18,67
17	18,51	17,43	19,60	17,07	19,77
18	17,22	16,11	18,33	15,59	18,64
19	17,00	15,90	18,10	15,33	18,46
20	17,58	16,52	18,64	15,98	18,98
21	18,61	17,58	19,64	17,12	19,90
22	20,23	19,24	21,21	18,94	21,34
23	23,35	22,42	24,28	22,44	24,13
24	23,50	22,70	24,30	22,60	24,28
25	27,48	26,49	28,48	27,07	27,82
26	28,60	27,59	29,60	28,30	28,83
27	19,78	18,67	20,90	18,41	20,98
28	18,67	17,55	19,79	17,17	19,98
29	18,02	16,90	19,14	16,45	19,39
30	21,74	20,71	22,77	20,66	22,67
31	18,09	16,97	19,20	16,52	19,44
32	19,48	18,39	20,57	18,06	20,71
33	16,69	15,67	17,72	15,02	18,16
34	17,18	16,25	18,11	15,58	18,57

35	16,90	15,96	17,83	15,26	18,32
36	16,90	15,97	17,84	15,27	18,33
37	17,44	16,51	18,36	15,88	18,79
38	20,74	19,86	21,61	19,55	21,76
39	15,41	14,46	16,36	13,59	17,00
40	14,77	13,80	15,75	12,88	16,43
41	14,50	13,53	15,48	12,58	16,19
42	15,53	14,57	16,48	13,75	17,08
43	17,22	16,37	18,08	15,64	18,60
44	18,90	18,14	19,67	17,54	20,09
45	20,14	19,40	20,87	18,92	21,20
46	22,02	21,34	22,70	21,01	22,90
47	23,43	22,84	24,03	22,63	24,14
48	22,81	22,13	23,49	21,93	23,58
49	23,45	22,76	24,13	22,64	24,15
50	22,20	21,46	22,94	21,23	23,05
51	20,64	19,82	21,47	19,44	21,70
52	20,07	19,22	20,92	18,79	21,19
53	19,49	18,58	20,40	18,13	20,69
54	20,07	19,13	21,01	18,77	21,21
55	19,89	18,94	20,84	18,57	21,05
56	20,01	19,07	20,95	18,70	21,16
57	20,69	19,84	21,55	19,50	21,74
58	20,19	19,32	21,06	18,92	21,30
59	22,47	21,48	23,46	21,51	23,30
60	24,88	24,08	25,68	24,21	25,46
61	25,46	24,67	26,24	24,85	25,98
62	25,06	24,29	25,84	24,41	25,63
63	24,66	23,85	25,48	23,96	25,27
64	25,78	25,06	26,51	25,22	26,27
65	27,81	27,26	28,35	27,50	28,06
66	27,57	26,94	28,19	27,24	27,84
67	25,92	25,23	26,62	25,39	26,38
68	27,92	27,53	28,31	27,64	28,15
70	25,15	24,83	25,47	24,48	25,73
71	24,81	24,46	25,17	24,11	25,43
72	23,86	23,30	24,42	23,00	24,60
73	24,66	24,30	25,02	23,94	25,29
74	24,74	24,39	25,09	23,98	25,42
75	25,47	25,17	25,78	24,82	26,05
76	24,82	24,39	25,26	24,03	25,52
77	27,49	27,04	27,94	27,10	27,82
78	27,27	26,80	27,74	26,86	27,62

79	27,39	26,91	27,87	27,00	27,72
80	28,62	28,10	29,13	28,41	28,79
81	28,20	27,79	28,61	27,95	28,41
82	27,58	26,89	28,27	27,18	27,92
83	28,29	27,52	29,07	27,96	28,57
84	29,89	28,99	30,79	29,70	30,04
85	30,84	29,88	31,81	30,75	30,91
86	29,91	28,93	30,89	29,73	30,06
87	30,01	29,02	30,99	29,85	30,12
88	32,73	31,65	33,80	32,85	32,60
89	35,24	34,11	36,36	35,64	34,85
90	31,21	29,83	32,59	31,14	31,25
91	31,28	30,03	32,52	31,21	31,32
92	31,60	30,54	32,66	31,59	31,59
93	29,70	28,75	30,65	29,49	29,86
94	28,33	27,47	29,19	27,99	28,61
95	27,79	26,98	28,59	27,38	28,13
96	27,68	26,96	28,41	27,30	28,01
97	27,93	27,32	28,55	27,61	28,21
98	27,53	26,87	28,19	27,17	27,84
99	27,27	26,46	28,07	26,83	27,63
100	27,79	26,88	28,70	27,41	28,10
101	28,87	27,90	29,84	28,58	29,11
102	30,62	29,60	31,65	30,51	30,70
103	25,38	24,39	26,38	24,73	25,95
104	23,95	22,91	24,99	23,06	24,72
105	23,27	22,20	24,34	22,29	24,12
106	23,09	22,02	24,16	22,10	23,95
107	21,37	20,21	22,52	20,15	22,43
108	22,45	21,34	23,57	21,39	23,37
109	22,14	21,00	23,29	21,05	23,09
110	21,55	20,34	22,75	20,40	22,55
111	22,54	21,34	23,75	21,52	23,43
112	19,52	18,19	20,85	18,15	20,72
113	18,54	17,45	19,62	17,09	19,80
114	19,25	18,15	20,36	17,81	20,51
115	19,25	18,14	20,35	17,80	20,50
116	27,63	27,23	28,03	27,32	27,89
117	16,45	15,22	17,69	14,75	17,93
118	24,89	24,53	25,26	24,14	25,56

Tabla A2.11, Potencia activa, flujo de potencia estocástico, 22:00

		Flujo de potencia estocastico			Flujo de potencia normal	
L/T		Potencia activa[MW]				
	Barra	23:00	Lim_inf	Lim_sup	22:00	24:00
1	2	-8,20	-9,21	-7,18	-9,07	-7,42
1	3	-25,01	-25,93	-24,08	-27,81	-22,51
4	5	-66,83	-65,90	-67,77	-74,20	-60,26
3	5	-43,98	-43,66	-44,29	-48,92	-39,57
5	6	57,05	52,11	61,99	63,42	51,38
6	7	22,80	19,83	25,77	25,33	20,54
8	9	-280,16	-266,16	-294,17	-310,80	-252,78
8	5	218,40	202,53	234,27	242,70	196,76
9	10	-282,17	-268,06	-296,27	-313,20	-254,46
4	11	41,44	38,12	44,76	46,00	37,38
5	11	49,86	46,03	53,69	55,35	44,97
11	12	22,78	18,93	26,63	25,17	20,65
2	12	-21,30	-21,93	-20,68	-23,63	-19,24
3	12	-6,58	-7,31	-5,85	-7,27	-5,97
7	12	10,41	7,98	12,84	11,56	9,37
11	13	22,07	19,08	25,05	24,48	19,91
12	14	10,97	8,92	13,03	12,15	9,91
13	15	-0,22	-1,54	1,11	-0,29	-0,17
14	15	1,83	0,31	3,34	1,99	1,67
12	16	3,95	2,03	5,87	4,37	3,57
15	17	-67,43	-66,80	-68,07	-74,77	-60,88
16	17	-12,33	-13,33	-11,34	-13,72	-11,11
17	18	51,06	45,99	56,14	56,85	45,90
18	19	11,55	9,01	14,10	12,95	10,30
19	20	-7,53	-8,45	-6,61	-8,28	-6,86
15	19	6,85	4,02	9,68	7,49	6,27
20	21	-19,26	-19,38	-19,15	-21,32	-17,43
21	22	-28,45	-28,07	-28,83	-31,53	-25,70
22	23	-35,15	-34,49	-35,81	-38,99	-31,73
23	24	0,21	-4,31	4,74	-0,26	0,51
23	25	-102,01	-98,63	-105,39	-112,85	-92,28
26	25	56,44	51,65	61,23	62,50	51,05
25	27	91,47	84,96	97,99	101,74	82,36
27	28	21,41	19,12	23,71	23,75	19,33
28	29	10,25	8,61	11,90	11,34	9,28
30	17	148,98	138,08	159,89	165,75	134,05
8	30	43,54	36,25	50,83	47,85	39,60
26	30	141,77	132,71	150,83	157,68	127,58
17	31	9,22	6,63	11,80	10,34	8,22
29	31	-5,40	-6,65	-4,15	-6,05	-4,83

23	32	61,62	55,98	67,26	68,49	55,55
31	32	-19,92	-20,44	-19,40	-22,06	-18,01
27	32	7,76	5,70	9,83	8,56	7,04
15	33	3,56	1,39	5,74	3,87	3,27
19	34	-3,47	-5,13	-1,80	-3,93	-3,07
35	36	0,28	-1,12	1,69	0,41	0,18
35	37	-21,77	-21,98	-21,55	-24,27	-19,54
33	37	-11,42	-12,88	-9,96	-12,77	-10,23
34	36	19,94	17,21	22,68	22,06	18,05
34	37	-61,63	-61,80	-61,46	-68,46	-55,55
38	37	157,42	145,53	169,32	175,07	141,72
37	39	34,56	30,29	38,84	38,43	31,11
37	40	27,69	24,00	31,38	30,73	24,96
30	38	34,55	25,99	43,12	37,61	31,68
39	40	16,57	13,28	19,87	18,41	14,93
40	41	9,25	6,33	12,18	10,24	8,36
40	42	-8,48	-9,98	-6,99	-9,47	-7,62
41	42	-14,85	-16,18	-13,52	-16,53	-13,36
43	44	-11,96	-12,95	-10,97	-13,28	-10,81
34	43	-0,24	-1,95	1,46	-0,26	-0,25
44	45	-22,47	-23,08	-21,85	-24,96	-20,27
45	46	-24,24	-24,64	-23,83	-26,98	-21,81
46	47	-21,32	-21,72	-20,92	-23,77	-19,16
46	48	-9,39	-9,78	-8,99	-10,43	-8,46
47	49	-2,97	-5,76	-0,19	-3,20	-2,73
42	49	-86,01	-86,44	-85,58	-95,64	-77,46
42	49	-86,01	-86,44	-85,58	-95,64	-77,46
45	49	-32,85	-32,98	-32,73	-36,45	-29,65
48	49	-22,48	-22,73	-22,23	-24,98	-20,26
49	50	35,81	32,06	39,57	39,58	32,46
49	51	44,38	39,84	48,91	49,08	40,20
51	52	18,90	16,74	21,06	20,94	17,08
52	53	7,09	5,80	8,38	7,82	6,44
53	54	-7,92	-8,79	-7,05	-8,85	-7,09
49	54	49,95	43,55	56,35	55,43	45,08
49	54	49,95	43,54	56,36	55,43	45,08
54	55	4,63	3,42	5,85	5,14	4,18
54	56	11,57	6,75	16,39	12,94	10,34
55	56	-14,81	-17,04	-12,58	-16,23	-13,55
56	57	-15,99	-16,94	-15,05	-17,55	-14,60
50	57	24,34	21,37	27,32	26,82	22,14
56	58	-5,31	-6,53	-4,09	-5,68	-4,97
51	58	13,21	11,08	15,34	14,46	12,10

54	59	-18,92	-19,82	-18,02	-21,24	-16,86
56	59	-36,65	-37,93	-35,37	-40,83	-32,93
56	59	-36,65	-37,93	-35,37	-40,83	-32,93
55	59	-21,57	-22,36	-20,79	-24,20	-19,24
59	60	-28,28	-29,65	-26,91	-31,45	-25,46
59	61	-33,71	-34,78	-32,65	-37,50	-30,35
60	61	-72,38	-72,58	-72,18	-80,59	-65,07
60	62	-6,94	-8,58	-5,30	-7,59	-6,36
61	62	15,59	12,32	18,87	17,57	13,83
63	59	98,82	85,51	112,14	110,37	88,57
63	64	-98,82	-102,59	-95,06	-110,37	-88,57
64	61	21,21	15,30	27,13	24,12	18,66
38	65	-123,00	-124,65	-121,36	-137,60	-110,16
64	65	-120,28	-126,76	-113,80	-134,78	-107,44
49	66	-171,42	-167,38	-175,46	-190,14	-154,80
49	66	-171,42	-167,38	-175,46	-190,14	-154,80
62	66	-24,94	-25,34	-24,54	-27,52	-22,64
62	67	-16,58	-17,55	-15,61	-18,23	-15,10
65	66	12,60	6,50	18,71	13,64	11,79
66	67	35,30	31,53	39,07	39,03	31,98
65	68	-11,04	-30,34	8,26	-14,29	-8,57
47	69	-40,66	-44,10	-37,22	-45,38	-36,53
49	69	-34,48	-37,86	-31,10	-38,52	-30,95
68	69	-109,19	-128,23	-90,15	-123,60	-96,87
69	70	74,15	69,83	78,47	83,13	66,30
24	70	-6,82	-8,77	-4,87	-7,81	-6,01
70	71	13,30	10,35	16,25	15,04	11,81
24	72	-1,48	-3,60	0,64	-1,91	-1,16
71	72	9,36	6,65	12,06	10,66	8,26
71	73	3,92	3,33	4,50	4,35	3,53
70	74	10,03	7,67	12,40	11,18	9,00
70	75	-0,72	-2,36	0,92	-0,75	-0,70
69	75	75,81	71,78	79,84	84,57	68,14
74	75	-34,39	-36,06	-32,72	-38,15	-31,05
76	77	-38,22	-38,97	-37,47	-42,36	-34,52
69	77	49,85	42,39	57,31	56,30	44,31
75	77	-20,53	-21,65	-19,41	-22,65	-18,62
77	78	32,41	26,42	38,40	35,94	29,30
78	79	-13,85	-15,50	-12,20	-15,46	-12,39
77	80	-86,18	-86,51	-85,85	-94,90	-78,33
77	80	-86,18	-86,48	-85,89	-94,90	-78,33
79	80	-39,28	-39,27	-39,29	-43,70	-35,31
68	81	-21,70	-30,91	-12,50	-23,83	-19,70

81	80	-21,73	-30,34	-13,13	-23,86	-19,73
77	82	2,90	-2,48	8,29	3,53	2,44
82	83	-27,45	-30,23	-24,68	-30,23	-24,91
83	84	-14,58	-15,50	-13,67	-16,16	-13,15
83	85	-26,02	-27,13	-24,92	-28,69	-23,61
84	85	-21,98	-22,58	-21,38	-24,39	-19,81
85	86	11,25	9,31	13,19	12,50	10,14
86	87	-2,48	-2,36	-2,60	-2,76	-2,23
85	88	-31,09	-31,84	-30,34	-34,40	-28,12
85	89	-44,30	-44,03	-44,57	-49,15	-39,95
88	89	-62,54	-62,05	-63,04	-69,35	-56,45
89	90	108,46	95,14	121,79	120,65	97,64
89	90	108,46	95,17	121,75	120,65	97,64
90	91	0,43	-2,63	3,49	0,40	0,44
89	92	166,80	153,51	180,09	185,18	150,42
89	92	166,80	153,50	180,11	185,18	150,42
91	92	-6,09	-8,83	-3,35	-6,84	-5,43
92	93	35,67	31,32	40,02	39,50	32,23
92	94	32,12	27,97	36,28	35,56	29,04
93	94	27,50	23,58	31,42	30,39	24,90
94	95	24,66	20,48	28,83	27,13	22,41
80	96	13,58	10,34	16,82	15,35	12,04
82	96	-4,85	-6,89	-2,82	-5,36	-4,38
94	96	10,71	7,12	14,30	11,58	9,87
80	97	18,42	14,87	21,97	20,73	16,40
80	98	20,80	16,46	25,14	23,37	18,56
80	99	14,68	10,86	18,50	16,57	13,05
92	100	19,90	17,22	22,59	22,01	18,02
94	100	3,94	0,22	7,66	4,59	3,39
95	96	-2,78	-5,70	0,14	-3,36	-2,31
96	97	-8,43	-10,58	-6,27	-9,63	-7,39
98	100	-1,45	-4,31	1,40	-1,36	-1,48
99	100	-12,81	-15,35	-10,28	-13,98	-11,72
100	101	-10,45	-11,78	-9,12	-11,49	-9,52
92	102	28,46	25,24	31,69	31,52	25,73
101	102	-24,93	-25,43	-24,42	-27,56	-22,57
100	103	79,34	70,78	87,91	88,31	71,42
100	104	35,97	32,41	39,54	40,17	32,26
103	104	21,07	19,06	23,08	23,39	19,02
103	105	28,40	25,78	31,02	31,45	25,69
100	106	38,98	35,15	42,82	43,41	35,05
104	105	31,27	27,37	35,17	34,87	28,07
105	106	5,62	3,44	7,80	6,24	5,08

105	107	17,28	14,66	19,90	19,22	15,55
105	108	15,86	12,62	19,10	17,63	14,30
106	107	15,59	13,22	17,95	17,32	14,04
108	109	14,47	11,32	17,62	16,07	13,05
103	110	39,16	34,19	44,14	43,66	35,17
109	110	9,23	6,37	12,09	10,25	8,33
110	111	-22,60	-21,47	-23,73	-25,10	-20,38
110	112	44,89	38,11	51,68	49,94	40,41
17	113	0,89	-0,70	2,49	1,08	0,72
32	113	3,18	1,49	4,86	3,42	2,96
32	114	6,39	4,83	7,95	7,11	5,76
27	115	13,18	11,41	14,96	14,64	11,88
114	115	1,18	-0,10	2,45	1,31	1,06
68	116	119,85	101,87	137,82	133,13	108,01
12	117	13,09	11,13	15,06	14,55	11,80
75	118	27,81	23,11	32,51	30,98	25,01
76	118	-6,05	-8,71	-3,38	-6,82	-5,38

A.12. Potencia reactiva, Flujo de potencia estocástico, 23:00

L/T		Flujo de potencia estocástico			Flujo de potencia normal	
Desde	Hasta	23:00	Lim_inf	Lim_sup	22:00	24:00
1	2	-15,21	-15,64	-14,77	-14,76	-15,60
1	3	-23,38	-24,07	-22,70	-22,15	-24,46
4	5	-27,28	-27,68	-26,87	-27,48	-26,95
3	5	-20,04	-20,46	-19,63	-18,97	-20,98
5	6	8,61	8,25	8,97	7,69	9,42
6	7	-2,90	-3,31	-2,49	-3,27	-2,57
8	9	-137,41	-137,41	-137,41	-129,60	-143,88
8	5	118,46	118,28	118,64	119,33	117,85
9	10	-38,73	-38,73	-38,73	-36,04	-41,11
4	11	3,72	3,52	3,91	2,88	4,48
5	11	6,82	6,67	6,98	6,03	7,55
11	12	-24,45	-25,07	-23,83	-26,57	-22,59
2	12	-22,14	-22,56	-21,71	-21,69	-22,53
3	12	-12,88	-13,14	-12,61	-12,76	-12,99
7	12	-4,47	-4,90	-4,05	-4,87	-4,12
11	13	12,50	12,19	12,80	12,33	12,65
12	14	3,62	3,21	4,03	3,51	3,73
13	15	-2,21	-2,53	-1,88	-2,45	-1,99
14	15	4,29	3,86	4,72	4,15	4,41
12	16	3,50	3,11	3,90	3,72	3,32

15	17	-36,97	-37,87	-36,08	-34,63	-38,97
16	17	-4,44	-4,84	-4,04	-4,23	-4,61
17	18	31,20	30,66	31,75	30,03	32,20
18	19	18,56	18,12	19,00	18,25	18,84
19	20	0,65	0,38	0,93	1,54	-0,10
15	19	17,13	16,38	17,89	16,94	17,31
20	21	0,33	0,07	0,60	1,20	-0,41
21	22	-6,01	-6,24	-5,78	-5,23	-6,68
22	23	-9,56	-9,74	-9,38	-8,97	-10,08
23	24	17,61	16,51	18,71	16,92	18,16
23	25	-41,26	-41,81	-40,72	-38,75	-43,49
26	25	20,73	20,69	20,77	20,85	20,63
25	27	30,88	30,76	30,99	30,36	31,48
27	28	0,36	0,16	0,56	0,15	0,56
28	29	-5,05	-5,28	-4,81	-5,35	-4,77
30	17	101,48	101,28	101,68	99,86	102,90
8	30	19,47	18,99	19,95	20,95	18,30
26	30	-22,71	-22,87	-22,55	-21,14	-23,84
17	31	13,22	12,61	13,82	12,91	13,47
29	31	-6,96	-7,22	-6,70	-7,29	-6,66
23	32	12,88	12,30	13,46	11,17	14,41
31	32	9,06	8,56	9,56	9,77	8,43
27	32	3,17	2,67	3,67	2,94	3,38
15	33	-4,75	-5,32	-4,19	-4,57	-4,90
19	34	-10,44	-11,01	-9,86	-10,29	-10,56
35	36	6,87	6,62	7,12	6,36	7,28
35	37	-15,87	-16,12	-15,62	-15,36	-16,28
33	37	-10,77	-11,36	-10,18	-10,59	-10,92
34	36	7,97	7,42	8,53	7,29	8,58
34	37	-56,24	-57,23	-55,26	-54,21	-57,79
38	37	125,10	124,47	125,72	122,77	127,06
37	39	6,78	6,21	7,35	6,04	7,45
37	40	1,13	0,45	1,82	0,22	1,95
30	38	19,06	18,32	19,80	19,31	18,90
39	40	-2,98	-3,73	-2,23	-4,01	-2,08
40	41	-0,03	-0,63	0,56	0,30	-0,32
40	42	-7,52	-8,14	-6,91	-7,21	-7,80
41	42	-8,93	-9,54	-8,32	-8,60	-9,21
43	44	-4,11	-4,54	-3,68	-3,44	-4,68
34	43	-1,19	-1,62	-0,76	-0,52	-1,77
44	45	3,32	2,98	3,66	3,85	2,85
45	46	-1,65	-1,94	-1,36	-1,97	-1,38
46	47	-6,34	-6,92	-5,75	-5,11	-7,39

46	48	-8,29	-8,58	-8,00	-7,81	-8,71
47	49	-9,12	-10,18	-8,06	-9,91	-8,47
42	49	-3,87	-5,64	-2,10	-2,03	-5,42
42	49	-3,87	-5,64	-2,10	-2,03	-5,42
45	49	-5,40	-5,74	-5,06	-4,71	-6,01
48	49	0,99	0,72	1,26	1,43	0,60
49	50	16,10	15,62	16,58	15,46	16,69
49	51	22,99	22,46	23,52	22,34	23,62
51	52	7,91	7,70	8,11	7,55	8,23
52	53	3,95	3,72	4,17	3,54	4,31
53	54	-3,49	-3,73	-3,25	-3,91	-3,12
49	54	15,27	14,46	16,08	14,75	15,75
49	54	13,90	13,09	14,71	13,28	14,48
54	55	2,03	1,80	2,26	1,91	2,14
54	56	6,34	5,12	7,56	5,95	6,69
55	56	-7,98	-8,95	-7,01	-7,52	-8,39
56	57	-13,87	-14,56	-13,19	-12,88	-14,75
50	57	12,90	12,34	13,46	12,08	13,64
56	58	-7,76	-8,34	-7,19	-6,92	-8,50
51	58	7,13	6,58	7,67	6,29	7,86
54	59	-10,71	-11,20	-10,22	-10,09	-11,25
56	59	-8,15	-9,35	-6,95	-7,37	-8,83
56	59	-8,15	-9,34	-6,95	-7,32	-8,87
55	59	-11,94	-12,44	-11,44	-11,23	-12,56
59	60	-1,03	-1,76	-0,30	-0,10	-1,84
59	61	-0,19	-0,94	0,57	0,86	-1,10
60	61	5,07	4,75	5,38	5,80	4,41
60	62	-6,61	-6,98	-6,24	-6,70	-6,54
61	62	-11,78	-12,31	-11,25	-12,20	-11,41
63	59	70,24	69,78	70,71	69,63	70,78
63	64	-70,24	-70,74	-69,74	-69,63	-70,78
64	61	18,59	17,84	19,34	17,65	19,37
38	65	-67,11	-68,69	-65,54	-64,76	-69,06
64	65	-71,02	-71,93	-70,10	-69,98	-71,93
49	66	-9,37	-10,61	-8,14	-6,79	-11,60
49	66	-9,37	-10,61	-8,14	-6,79	-11,60
62	66	-20,71	-21,15	-20,27	-20,01	-21,32
62	67	-17,66	-18,09	-17,24	-17,00	-18,25
65	66	72,26	72,24	72,29	72,27	72,26
66	67	20,86	20,58	21,14	20,48	21,22
65	68	-20,08	-21,69	-18,48	-19,91	-20,19
47	69	5,42	3,99	6,86	7,31	3,82
49	69	5,11	3,62	6,60	6,90	3,60

68	69	112,08	111,26	112,90	112,70	111,60
69	70	20,38	19,74	21,03	19,10	21,59
24	70	-2,95	-3,03	-2,87	-2,92	-2,98
70	71	-11,66	-12,18	-11,13	-12,04	-11,32
24	72	4,05	3,49	4,61	4,16	3,97
71	72	-0,64	-1,16	-0,11	-0,94	-0,38
71	73	-10,28	-10,36	-10,19	-10,38	-10,18
70	74	14,68	14,13	15,24	14,35	14,99
70	75	8,40	7,91	8,90	8,77	8,10
69	75	26,08	25,20	26,96	24,40	27,66
74	75	-17,68	-18,94	-16,43	-15,29	-19,75
76	77	-29,62	-30,56	-28,68	-28,15	-30,91
69	77	9,89	7,95	11,84	8,25	11,34
75	77	-13,43	-14,15	-12,71	-12,94	-13,88
77	78	1,97	1,60	2,34	2,69	1,33
78	79	-22,88	-23,26	-22,51	-22,19	-23,49
77	80	-51,60	-53,24	-49,96	-49,39	-53,56
77	80	-26,10	-27,74	-24,46	-25,24	-26,87
79	80	-33,96	-34,33	-33,59	-33,29	-34,56
68	81	-5,82	-6,31	-5,32	-5,69	-5,94
81	80	74,63	74,25	75,01	74,74	74,52
77	82	9,36	7,49	11,24	10,29	8,52
82	83	17,73	16,22	19,24	18,57	16,97
83	84	11,23	10,50	11,96	11,70	10,79
83	85	9,61	8,93	10,29	9,87	9,36
84	85	6,24	5,60	6,88	6,62	5,88
85	86	-7,06	-7,16	-6,95	-7,13	-6,99
86	87	-14,57	-14,72	-14,42	-14,68	-14,47
85	88	0,29	-0,21	0,79	1,52	-0,79
85	89	-5,87	-6,29	-5,44	-4,79	-6,80
88	89	-8,04	-8,42	-7,66	-7,04	-8,93
89	90	-0,99	-2,39	0,42	-1,81	-0,23
89	90	0,30	-1,10	1,70	-0,99	1,50
90	91	4,72	3,80	5,65	4,73	4,72
89	92	6,21	5,50	6,92	4,43	7,89
89	92	-1,26	-1,97	-0,55	-2,04	-0,53
91	92	-7,41	-8,36	-6,46	-7,18	-7,61
92	93	-9,79	-10,31	-9,26	-10,13	-9,45
92	94	-13,16	-13,69	-12,62	-13,53	-12,79
93	94	-15,82	-16,51	-15,14	-16,42	-15,27
94	95	10,20	9,49	10,90	10,18	10,23
80	96	19,26	18,71	19,80	19,45	19,09
82	96	-7,61	-8,16	-7,06	-7,59	-7,63

94	96	-8,13	-8,94	-7,31	-8,20	-8,04
80	97	23,84	23,31	24,38	24,05	23,66
80	98	8,11	7,55	8,67	7,97	8,23
80	99	9,10	8,49	9,71	8,73	9,42
92	100	-14,99	-15,25	-14,73	-15,30	-14,70
94	100	-43,81	-44,84	-42,78	-45,22	-42,58
95	96	-20,03	-20,78	-19,28	-20,11	-19,95
96	97	-18,77	-19,38	-18,16	-18,87	-18,68
98	100	2,63	1,97	3,30	2,39	2,84
99	100	-6,91	-7,64	-6,17	-6,64	-7,16
100	101	19,65	19,19	20,11	20,22	19,15
92	102	-7,32	-7,56	-7,08	-7,56	-7,10
101	102	7,27	6,88	7,67	7,78	6,82
100	103	-11,67	-12,87	-10,48	-13,97	-9,60
100	104	13,27	13,00	13,54	12,65	13,85
103	104	16,79	16,53	17,04	16,17	17,34
103	105	16,95	16,60	17,30	16,07	17,74
100	106	11,66	11,40	11,92	11,10	12,21
104	105	6,90	6,31	7,48	6,00	7,70
105	106	0,41	0,06	0,77	1,07	-0,14
105	107	-0,07	-0,52	0,38	-0,56	0,37
105	108	-9,08	-9,88	-8,28	-9,55	-8,67
106	107	-0,38	-0,82	0,06	-1,07	0,22
108	109	-8,60	-9,47	-7,73	-9,12	-8,15
103	110	11,04	10,60	11,48	10,40	11,64
109	110	-10,98	-11,87	-10,08	-11,51	-10,51
110	111	-3,19	-3,19	-3,19	-2,41	-3,88
110	112	-22,38	-23,95	-20,80	-24,11	-20,81
17	113	6,70	6,31	7,09	6,79	6,52
32	113	-17,53	-17,97	-17,10	-17,60	-17,47
32	114	1,13	0,94	1,33	1,24	1,04
27	115	5,47	5,28	5,66	5,40	5,54
114	115	-0,39	-0,59	-0,19	-0,29	-0,48
68	116	-62,06	-62,97	-61,15	-62,65	-61,56
12	117	4,85	4,80	4,90	4,91	4,80
75	118	27,54	26,65	28,42	26,54	28,41
76	118	-13,93	-14,88	-12,98	-12,87	-14,84

ORDEN DE EMPASTADO