

**UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA**  
**DEPARTAMENT D'ENGINYERIA ELECTRÒNICA**



**PLANIFICACIÓN ÓPTIMA DE REDES ELÉCTRICAS EN BAJA Y  
MEDIA TENSIÓN Y MICRORREDES ELÉCTRICAS INTELIGENTES  
MEDIANTE ALGORITMOS LINEALIZADOS DE OPTIMIZACIÓN  
MULTICRITERIO**

(OPTIMIZED PLANNING OF LOW AND MEDIUM VOLTAGE GRIDS  
AND MICROGRIDS USING MULTIOBJECTIVE LINEARIZED  
ALGORITHMS)

*Autor: Roberto Carlos Barrenechea Gruber*

*Institución: Universitat Politècnica de Catalunya (UPC)*

*Tutor de tesis: Prof. José Luis García de Vicuña*

*Cotutor de tesis: Prof. Miguel Castilla*

*Programa: Programa de Doctorado en Ingeniería Electrónica*

*Departamento: Departamento de Ingeniería Electrónica*

**Vilanova i la Geltrú, octubre 2018**

**Tesis presentada para obtener el título de Doctor por la Universitat Politècnica de Catalunya**

## RESUMEN

En el presente trabajo se propone un nuevo algoritmo que permite resolver el planteamiento multiobjetivo del problema de optimización de redes de baja y media tensión. Para ello, se utiliza un modelo linealizado basado en el concepto de la “densidad económica de corriente”, en el cual se incluye un técnica iterativa que permite corregir los errores provenientes de la linealización mediante comparaciones contra los valores obtenidos del flujo de carga en cada iteración.

Este ajuste de la linealización permite corregir el error introducido obteniendo en consecuencia soluciones exactas sin necesidad de resolver el modelo no lineal, para el cual las técnicas directas de resolución pueden presentar problemas de convergencia.

El algoritmo propuesto se desarrolla como un método para el diseño y control técnica y económicamente eficiente de las redes de baja y media tensión y microrredes, permitiendo establecer el punto de operación de la generación y la configuración óptima de la red.

**Palabras clave:** Optimización, lineal, planificación, Pareto, microrred, control terciario, flujo de carga.

## ABSTRACT

In this work, a new algorithm for the multiobjective optimization of low and medium voltage electrical grids and microgrids is proposed. The originally nonlinear planning model is linearized using the economic current density concept, and the errors from the linearization are corrected by means of comparisons with load flow calculations in an iterative routine.

This linearization adjustment allows for the calculation of the Pareto optimal solutions without having to solve the nonlinear model directly using techniques that may present convergence problems.

The proposed algorithm is developed as a method for the optimal design and tertiary control of low and medium voltage grids and microgrids, allowing the calculation of the optimal power generation and the most efficient grid configuration.

**Key words:** Optimization, linear, Pareto, planning, microgrid, tertiary control, load flow.

## AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer en primer lugar a mis tutores, el profesor José Luis García de Vicuña y el profesor Miguel Castilla, por su apoyo y orientación, sin los cuales no hubiera sido posible el desarrollo de este trabajo.

Agradezco infinitamente a mi amigo y compañero de investigación, el ingeniero Federico Rypin, por el trabajo realizado para el desarrollo del algoritmo del flujo de carga propuesto.

Agradezco de manera muy especial a los profesores Paulo de Oliveira y Pedro Paiva por sus años de orientación y ayuda en el camino de la investigación sobre los algoritmos de planificación óptima de redes de baja y media tensión y estudios de flujo de carga, y también al profesor Manuel Álvarez por su constante e incondicional apoyo en todo momento.

A nivel personal deseo agradecer infinitamente a Maria Teresa Vidaurre (koneko chan) mi pareja y amiga por su apoyo incondicional y a mis padres que me guían desde el cielo.

# ÍNDICE

RESUMEN.....	ii
ABSTRACT.....	iii
AGRADECIMIENTOS .....	iv
ÍNDICE .....	v
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ÍNDICE DE TABLAS .....	xii
INTRODUCCIÓN .....	1
1 MARCO TEÓRICO.....	3
1.1 EL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA .....	3
1.1.1 Características de la red de distribución en baja y media tensión .....	3
1.1.2 Topologías del Circuito Primario .....	4
1.1.3 Topologías del Circuito Secundario .....	5
1.1.3.1 Topología reticulada.....	5
1.1.3.2 Topología puntual .....	5
1.1.3.3 Radial vs. Mallado.....	5
1.1.3.4 Configuración Radial .....	6
1.1.3.5 Configuración Mallada.....	6
1.2 GENERACIÓN DISTRIBUIDA .....	7
1.2.1 Impacto de la generación distribuida.....	7
1.2.2 Generadores.....	8
1.2.3 Control de generación mediante inversores .....	11
1.3 MICRORREDES “MICROGRIDS” .....	12
1.3.1 Control jerárquico de Microrredes .....	13
1.3.1.1 Lazo de control primario .....	13
1.3.1.2 Lazo de control secundario.....	15
1.3.1.3 Lazo de control terciario .....	16
1.4 PLANIFICACIÓN ÓPTIMA DE REDES ELÉCTRICAS.....	18
1.4.1 Modelo de optimización.....	19
1.4.1.1 Variables de estado y de decisión.....	20
1.4.1.2 Función objetivo.....	20

1.4.1.3	Restricciones .....	22
1.4.2	Clasificación de los modelos de planificación .....	22
1.4.2.1	Según las restricciones asociadas .....	22
1.4.2.2	Según el tipo de variables.....	23
1.4.2.3	Según la linealidad del modelo .....	23
1.4.2.4	Según la certeza de las variables .....	24
1.4.2.5	Según las etapas de planificación.....	25
1.4.2.6	Según el número de objetivos .....	25
1.4.2.7	Según el tiempo de estudio.....	26
1.4.3	ALGORITMOS DE OPTIMIZACIÓN.....	27
1.4.3.1	Según el tipo de variables.....	27
1.4.3.2	Según la linealidad del modelo .....	28
1.4.3.3	Según las etapas de planificación.....	29
1.4.3.4	Según el número de objetivos .....	30
1.4.4	Modelo multiobjetivo de planificación de redes de distribución eléctrica.....	31
1.4.4.1	Modelo matemático.....	32
1.4.5	Soluciones no dominadas .....	32
1.4.6	Modelación no lineal de redes eléctricas.....	34
1.4.7	Linealización utilizando la densidad de corriente .....	35
1.4.8	Antecedentes de la optimización de redes de eléctricas de baja tensión microrredes	38
1.4.9	Modelo PLMO 0-1 entero mixto desarrollado .....	48
1.5	FLUJO DE CARGA.....	49
1.5.1	Formulación del flujo de carga.....	50
1.5.1.1	Tipos de Nodos.....	50
1.5.2	Modelo circuital del sistema de baja y media tensión.....	51
1.5.2.1	Consumidores o cargas.....	51
1.5.2.2	Líneas .....	52
1.5.2.3	Fuentes, generadores y subestaciones .....	52
1.5.3	Flujo de carga para redes malladas.....	54
1.5.4	Flujo de carga para redes radiales .....	56
1.5.5	Flujo de carga para redes débilmente malladas.....	58
1.5.6	Flujo de carga FCRB.....	59

1.5.7	Flujo de carga en planificación y control de redes y microrredes .....	61
2	METODOLOGÍA PROPUESTA .....	63
2.1	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	63
2.2	MÉTODO DE OPTIMIZACIÓN PROPUESTO.....	63
2.3	OBJETIVOS .....	64
2.4	MODELO.....	65
2.4.1	Parámetros y variables del modelo.....	65
2.4.2	Función Objetivo.....	66
2.4.3	Restricciones .....	68
2.4.4	Algoritmo de optimización utilizado.....	69
2.4.5	Resolución del modelo de optimización multiobjetivo .....	70
2.4.5.1	Método de asignación de pesos weighting method .....	70
2.4.5.2	Método e-constraint.....	71
2.4.6	Ajuste de la linealización .....	71
2.5	PASOS DE LA METODOLOGÍA PROPUESTA .....	74
2.6	MODELADO DE GENERACIÓN DISTRIBUIDA .....	78
2.6.1	Control de potencia reactiva.....	79
2.6.2	Control de tensión .....	80
2.7	ADAPTACIÓN PARA CONTROL TERCIARIO DE MICRORREDES .....	81
3	CASOS DE ESTUDIO Y RESULTADOS.....	83
3.1	REDES DE PRUEBA .....	83
3.1.1	Sistema 1 .....	83
3.1.2	Sistema 2 .....	84
3.1.3	Sistema 3 .....	85
3.2	RESULTADOS.....	87
3.2.1	Sistema 1 .....	87
3.2.1.1	Resultados obtenidos.....	87
3.2.1.2	Comparación con el modelo no lineal .....	92
3.2.1.3	Influencia del error en la linealización .....	95
3.2.1.4	Perfil de tensiones .....	96
3.2.2	Sistema 2 .....	97
3.2.2.1	Resultados obtenidos.....	97

3.2.2.2	Comparación con resultados reportados lineales y no lineales .....	101
3.2.2.3	Influencia del error en la linealización .....	102
3.2.2.4	Perfil de tensiones .....	103
3.2.2.5	Sensibilidad a variaciones .....	104
3.2.3	Incorporación de fuentes adicionales – Modelo multietapa .....	105
3.2.4	Sistema 3 .....	108
3.2.4.1	Diseño radial (clásico).....	108
3.2.4.2	Diseño no radial .....	112
3.2.4.3	Diseño no radial – Generación distribuida .....	113
3.2.5	Metodología aplicada al control terciario.....	122
4	CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS DE TRABAJO.....	129
4.1	CONCLUSIONES .....	129
4.2	PERSPECTIVAS DE TRABAJO .....	131
5	BIBLIOGRAFÍA.....	133
6	ANEXOS.....	153
6.1	ANEXO A - Flujos de carga tradicionales y el FCRB.....	154
6.1.1	Algoritmos clásicos .....	154
6.1.1.1	Gauss Seidel (GS) .....	154
6.1.1.2	Newton-Raphson (NR).....	155
6.1.1.3	Zbus Implícita de Gauss (Zimp).....	155
6.1.2	Flujo de carga FCRB.....	157
6.1.2.1	FCRBY.....	157
6.1.2.2	FCRBZ.....	158
6.1.2.3	FCRBL.....	159
6.2	ANEXO B – Algoritmos de optimización .....	161
6.2.1	Algoritmos para modelos de variables continuas.....	161
6.2.1.1	Método SIMPLEX .....	161
6.2.1.2	Algoritmos de punto interior .....	161
6.2.2	Algoritmos para modelos de variables enteras o mixtas .....	162
6.2.2.1	Método de enumeración total.....	162
6.2.2.2	Branch and Bound.....	163
6.2.3	Algoritmos para modelos no lineales .....	164



6.2.3.1	Greedy Method.....	165
6.2.3.2	Branch Exchange.....	165
6.2.3.3	Algoritmos Genéticos.....	166
6.2.3.4	Simulated Annealing .....	168
6.2.3.5	Tabu Search.....	169
6.2.4	Algoritmos para modelos multiobjetivo .....	170
6.2.4.1	Método de asignación de pesos .....	170
6.2.4.2	Método e-constraint.....	171
6.2.4.3	Goal Programming .....	172
6.3	ANEXO C - Datos de entrada para los casos simulados.....	175
6.3.1	Sistema 1 .....	175
6.3.2	Sistema 2 .....	176
6.3.3	Sistema 3 .....	188
6.4	ANEXO D - Soluciones de las simulaciones .....	190
6.4.1	Sistema 1 .....	190
6.4.1.1	Soluciones sin corrección de la linealización.....	190
6.4.1.2	Soluciones del modelo no lineal.....	191
6.4.2	Sistema 2 .....	193
6.4.2.1	Solución sin corrección de la linealización .....	193
6.4.2.2	Soluciones halladas con el método propuesto .....	197
6.4.2.3	Comparación contra referencias .....	260
6.4.2.4	Expansión de la red – Generación distribuida.....	265
6.4.3	Sistema 3 .....	389
6.4.3.1	Diseño radial clásico .....	389
6.4.3.2	Diseño no radial .....	390
6.4.3.3	Generación distribuida - Fuentes modelo PQ - Resultados de líneas.....	391
6.4.3.4	Generación distribuida - Fuentes modelo PV - Resultados de líneas.....	393
6.4.3.5	Metodología de control terciario .....	394

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ejemplo de generación eólica .....	9
Figura 2. Ejemplo de generación solar .....	9
Figura 3. Ejemplo de generación híbrida .....	10
Figura 4. Ejemplo de conexión de generación distribuida a la red .....	10
Figura 5. Relación entre variación de potencia activa y frecuencia .....	14
Figura 6. Relación entre variación de potencia reactiva y la tensión .....	14
Figura 7. Ejemplo de requerimientos según código de red [33].....	15
Figura 8. Ejemplo de intercambio de potencia con la red [18] .....	18
Figura 9. Relación entre la generación distribuida y las pérdidas [18] .....	21
Figura 10. Frente de Pareto .....	33
Figura 11. Función de costos de un alimentador [61] .....	36
Figura 12. Diagrama de la metodología de diseño propuesta .....	77
Figura 13. Diagrama de la metodología de control – Control de potencia reactiva .....	79
Figura 14. Diagrama de la metodología de control – Control de tensión.....	80
Figura 15. Diagrama del Sistema 1 con todas las rutas existentes y posibles .....	84
Figura 16. Diagrama del Sistema 2 con todas las rutas existentes y posibles .....	85
Figura 17. Diagrama del Sistema 3 con todas las rutas existentes y posibles .....	86
Figura 18. Soluciones obtenidas para el Sistema 1 con corrección de <i>Jec</i> .....	87
Figura 19. Soluciones obtenidas para el Sistema 1 sin corrección de <i>Jec</i> .....	88
Figura 20. Soluciones obtenidas para el Sistema 1 con y sin corrección de <i>Jec</i> .....	89
Figura 21. Solución #1 para el Sistema 1 .....	90
Figura 22. Solución #2 para el Sistema 1 .....	91
Figura 23. Solución #3 para el Sistema 1 .....	91
Figura 24. Solución #4 para el Sistema 1 .....	92
Figura 25. Soluciones obtenidas usando modelación lineal y no lineal. ....	93
Figura 26. Soluciones posibles con y sin corrección de <i>Jec</i> .....	95
Figura 27. Soluciones obtenidas para el Sistema 2 con corrección de <i>Jec</i> .....	97
Figura 28. Soluciones obtenidas para el Sistema 2 con y sin corrección de <i>Jec</i> .....	98
Figura 29. Topología resultante de las soluciones reportadas para el Sistema 2.....	100
Figura 30. Topología resultante de las soluciones reportadas para el Sistema 2.....	101

Figura 31. Soluciones posibles para el Sistema 2 con y sin corrección de <i>Jec</i> .....	103
Figura 32. Áreas donde es posible instalar el nuevo parque de generación .....	106
Figura 33. Solución 1 al modelo radial .....	109
Figura 34. Solución 2 al modelo radial .....	110
Figura 35. Solución3 al modelo radial .....	111
Figura 36. Soluciones no dominadas del Sistema 3 con modelación radial.....	112
Figura 37. Solución 1 - Simulación no radial con generación distribuida .....	115
Figura 38. Solución 2 - Simulación no radial con generación distribuida .....	116
Figura 39. Solución 3 - Simulación no radial con generación distribuida .....	118
Figura 40. Solución 4 - Simulación no radial con generación distribuida .....	119
Figura 41. Metodología de control – Red inicial.....	123
Figura 42. Metodología de control – Escenario 1 .....	123
Figura 43. Metodología de control – Escenario 2 .....	124
Figura 44. Metodología de control – Escenario 3 .....	124
Figura 45. Metodología de control – Escenario 4 .....	125
Figura 46. Metodología de control – Escenario 5 .....	125
Figura 47. Metodología de control – Escenario 6 .....	126
Figura 48. Metodología de control – Escenario 7 .....	126
Figura 49. Metodología de control – Escenario 8 .....	127

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Solución #1 para el Sistema 1 .....	90
Tabla 2. Solución #2 para el Sistema 1 .....	90
Tabla 3. Solución #3 para el Sistema 1 .....	91
Tabla 4. Solución #4 para el Sistema 1 .....	92
Tabla 5. Soluciones del Sistema 1 .....	94
Tabla 6. Máximas caídas de tensión para cada solución del Sistema 1 .....	96
Tabla 7. Soluciones obtenidas para el Sistema 2.....	99
Tabla 8. Comparación entre resultados obtenidos y reportados.....	102
Tabla 9. Máximas caídas de tensión para cada solución del Sistema 2 .....	104
Tabla 10. Pérdidas de potencia en las líneas .....	107
Tabla 11. Calibres calculados para el área 1 en la etapa anterior.....	108
Tabla 12. Solución 1 al modelo radial.....	109
Tabla 13. Solución 2 al modelo radial.....	110
Tabla 14. Solución 3 al modelo radial.....	111
Tabla 15. Solución 1 - Simulación no radial con generación distribuida (PQ).....	115
Tabla 16. Solución 1 - Simulación no radial con generación distribuida (PV).....	116
Tabla 17. Solución 2 - Simulación no radial con generación distribuida (PQ).....	117
Tabla 18. Solución 2 - Simulación no radial con generación distribuida (PV).....	117
Tabla 19. Solución 3 - Simulación no radial con generación distribuida (PQ).....	118
Tabla 20. Solución 3 - Simulación no radial con generación distribuida (PV).....	119
Tabla 21. Solución 4 - Simulación no radial con generación distribuida (PQ).....	120
Tabla 22. Solución 4 - Simulación no radial con generación distribuida (PV).....	120

## INTRODUCCIÓN

La planificación de redes de energía eléctrica consiste en la elaboración de planes y estrategias que permitan llevar la energía desde las fuentes a los puntos de demanda, al menor costo posible y respetando las restricciones técnicas aplicables. Al considerar los costos económicos asociados a las redes en baja y media tensión [1]-[3], resulta evidente la necesidad de elaborar algoritmos adecuados para su correcta planificación.

La incorporación de generación distribuida en las redes eléctricas en baja y media tensión ha originado la aparición de nuevos problemas que considerar, donde conceptos tales como redes malladas e interconectadas formando microrredes, aportan soluciones factibles ante este nuevo paradigma en el diseño de sistemas eléctricos [4]-[6].

La instalación de puntos de generación, conectados a la red a través de controladores basados en electrónica de potencia, permite realizar un control preciso y dinámico de las variables de estado que definen al sistema. Los controladores de potencia permiten manipular variables de la red tales como las tensiones nodales, la transmisión de potencia, la frecuencia, el factor de potencia, entre otras [7]-[11].

En consecuencia, este nuevo escenario implica la necesidad de desarrollar nuevos métodos de cálculo que permitan obtener un diseño técnica y económicamente óptimo de la red así como también lograr un control preciso en la operación de la generación distribuida incorporada a ella.

Los métodos de cálculo para el diseño y control de redes de media y baja tensión incluyendo generación distribuida (microrredes) deben ser desarrollados tomando en consideración las características propias de este tipo de redes, como la relación entre las reactancias y resistencias de la línea y su efecto en el desacople de potencias activas y reactivas, el nivel de corto circuito, la diversidad de cargas, entre otros.

Debido a la naturaleza de las variables, objetivos y restricciones involucradas, como por ejemplo las pérdidas por efecto Joule en las líneas, el problema de la planificación óptima de redes eléctricas es clásicamente modelado como un problema de naturaleza combinatoria no lineal [1].

Al evaluar las soluciones del modelo no lineal, se han presentado dificultades debido principalmente a la dificultad para garantizar la convergencia a las soluciones globales del problema. Por esta razón, se han desarrollado métodos que permiten calcular la solución del problema utilizando un planteamiento linealizado del modelo, sin embargo, los errores provenientes del proceso de linealización pueden provocar la convergencia a soluciones erradas y diferentes a las soluciones del problema no lineal original.

En el presente trabajo se presenta una metodología de planificación de redes de baja y media tensión basada en linealizaciones sucesivas de la función objetivo, que permite calcular las soluciones del problema de planificación no lineal.

Al utilizar esta metodología se logró corregir el error proveniente de la linealización, obteniéndose las soluciones no dominadas (o eficientes de Pareto) para los casos de planificación evaluados.

La metodología desarrollada permite obtener un diseño técnica y económicamente optimizado de redes eléctricas de baja y media tensión considerando diversos puntos de generación y configuraciones de red. A su vez, el modelo utilizado es adaptado para su utilización como un algoritmo de control para determinar el punto de operación de los generadores ubicados de forma distribuida en las redes, a partir de la monitorización de las variables obtenidas a través del sistema de control central de la microrred.

Algoritmos desarrollados:

- **Metodología de diseño:** Planificación de la red óptima (**generación y líneas**) calculada mediante algoritmos de optimización técnico-económica.
- **Metodología de control:** Cálculo de los valores **óptimos de potencia a inyectar por cada generador y la configuración mas eficiente** ante variaciones de la red (demandas o topología), para su implementación en el lazo de control terciario de redes eléctricas de baja y media tensión y microrredes.

# 1 MARCO TEÓRICO

## 1.1 EL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA

El sistema eléctrico de potencia es el encargado de la generación, transmisión y distribución de la energía eléctrica. Debido a su enorme complejidad en tamaño y funciones; éste se encuentra clásica y necesariamente dividido en dos grandes subsistemas:

**Sistema de Transmisión:** Constituido por los grandes generadores y la red de transmisión que operan a elevados niveles de tensión. Su función es la de generar y transmitir grandes bloques de potencia.

**Sistema de Distribución:** Constituido por las subestaciones y la red de distribución que operan a niveles intermedios y bajos de tensión. Su función es la de distribuir la energía a los consumidores finales.

A su vez, la red del sistema de distribución está conformada por dos circuitos principales:

**Circuito Primario:** Conformado por los alimentadores que parten de las subestaciones de distribución y operan a niveles intermedios de tensión (la clasificación de los niveles de tensión varía según los estándares y normativas de cada país).

**Circuito Secundario:** Conformado por los circuitos finales (acometidas) que proporcionan la energía eléctrica en baja tensión.

La gran mayoría de los consumidores son despachados a través del circuito secundario, sin embargo existen algunos clientes (principalmente industriales) que se conectan directamente al circuito primario.

### 1.1.1 Características de la red de distribución en baja y media tensión

Las redes de distribución eléctrica en baja y media tensión tienen características específicas que las diferencian notablemente de la red de transmisión, tales como las presentadas a continuación:

**Relación X/R:** En las redes de transmisión, la proporción de las reactancias de líneas y transformadores, respecto a las resistencias es alta, razón por la cual es posible establecer un

desacople entre las potencias activa y reactiva con respecto a la magnitud y el ángulo de las tensiones nodales.

El principio de desacople establece que, para redes de alta relación X/R, la variación de potencia reactiva se manifiesta principalmente sobre la magnitud de las tensiones nodales, mientras que las variaciones de potencia activa tendrán una influencia mayor sobre los ángulos de la tensión [12]. Numerosos algoritmos de cálculo y de diseño se han desarrollado para redes de este tipo.

En cambio, debido los conductores y transformadores que componen la red de distribución en baja y media tensión, se establece una relación entre la reactancia y la resistencia total de la red que puede ser baja, debido a lo cual no necesariamente se cumple el principio expuesto, razón por la cual es necesario utilizar técnicas de análisis y cálculo cuyo desempeño sea independiente a la relación X/R de la red.

**Diversidad de Cargas:** La diversidad de consumidores en la red de distribución establece consecuentemente la existencia de tipos muy diversos de demandas, desde zonas rurales con densidades de aproximadamente 4 kVA/km<sup>2</sup>, hasta zonas urbanas con densidades de aproximadamente 110 MVA kVA/km<sup>2</sup> [13]. Una misma red puede suplir cargas residenciales con picos entre los 10 y 20 kVA, así como también cargas industriales con picos de demanda de hasta 5 MW [13].

### 1.1.2 Topologías del Circuito Primario

Actualmente, las redes primarias de los sistemas de distribución, si bien pueden ser diseñadas de forma mallada, son generalmente operadas de forma radial o débilmente mallada (con muy pocas conexiones activas entre sí).

Sin embargo, las proyecciones realizadas por [14] y principalmente por [15] concluyeron que en el futuro, lo más probable es que el diseño de los sistemas de distribución sea mallado. Las proyecciones realizadas por [15] fueron llevadas a cabo por un conjunto de investigadores internos y externos del EPRI “*Electric Power Research Institute*”, quienes reportaron los cambios a esperar en el diseño de los sistemas de distribución en los próximos años, considerando las perspectivas de mercado eléctrico y los avances tecnológicos, y llegaron a concluir que la mayor probabilidad de cambio en el futuro de los sistemas de distribución será que su diseño no será radial.

Lo anterior, se debe principalmente a:



- La tendencia al aumento de la generación distribuida.
- Las mejoras intrínsecas de confiabilidad y calidad de servicio de la distribución bajo topologías malladas.
- Las oportunidades de diseño y control que proporciona la implementación de redes altamente interconectadas y comunicadas en forma de microrredes, permitiendo así una operación técnica y económicamente más eficiente.

### **1.1.3 Topologías del Circuito Secundario**

La configuración de las redes secundarias es dependiente del tipo de carga a suplir. En las zonas rurales, las redes suelen ser radiales tanto en el circuito primario como en el secundario.

A diferencia de éstas, las redes de distribución que alimentan las zonas urbanas poseen distintos tipos de configuraciones posibles además de la radial. Entre éstas es posible destacar las topologías del tipo reticulada o las del tipo puntual, conocidas como *spot network*.

#### *1.1.3.1 Topología reticulada*

Consiste en una red secundaria fuertemente mallada, que se encuentra conectada a la red primaria a través de varios alimentadores en diversos puntos de interconexión.

Esta configuración es típicamente empleada para alimentar zonas altamente urbanizadas e importantes.

#### *1.1.3.2 Topología puntual*

La topología puntual consiste en varios alimentadores de redes primarias alimentando cierta carga de gran importancia: rascacielos, aeropuertos, hospitales, etc.

Esta múltiple alimentación incrementa drásticamente la confiabilidad del suministro del servicio eléctrico.

#### *1.1.3.3 Radial vs. Mallado*

La utilización de una configuración radial o mallada dependerá de numerosos factores tales como la ubicación, tipo e importancia de las cargas a alimentar, así como también de factores tales como la

capacidad de expansión de la red, la presencia o no de generación distribuida y de la factibilidad económica.

Igualmente la capacidad de comunicación de señales de monitorización, alarma y control entre diversos puntos de la red, y la capacidad de reconfiguración de la red ante diversos eventos, puede orientar el diseño hacia topologías cada vez más interconectadas (microrredes).

#### *1.1.3.4 Configuración Radial*

##### **Ventajas**

- Simplicidad de operación.
- Fácil detección de fallas.
- Una distribución clara de las corrientes y flujos de potencia en la red.
- Utilizan dispositivos y estructuras más sencillas y económicas que en las redes malladas.
- Simplicidad en la coordinación de protecciones.

##### **Desventajas**

- Poca capacidad de expansión.
- Bajos niveles de tensión, sobre todo en las barras finales de los ramales.
- Baja calidad de la energía.
- Menor confiabilidad que en las redes malladas.

#### *1.1.3.5 Configuración Mallada*

##### **Ventajas**

- Gran capacidad de expansión.
- El perfil de tensiones tiende a mantenerse.
- Mejor calidad de la energía.
- Mayor confiabilidad que en las redes radiales.
- Favorece la inclusión de generación distribuida [14].

##### **Desventajas**

- La operación y análisis es más complicado que en las redes radiales.

- Requiere dispositivos y estructuras más sofisticadas y costosas.
- La distribución de las corrientes y flujos de potencia no están claramente definidas como en el caso de las redes radiales.
- La detección de fallas resulta más complicada.
- Requiere de sistemas de protección más sofisticados y costosos.

## 1.2 GENERACIÓN DISTRIBUIDA

El término “Generación Distribuida” hace referencia a la utilización de fuentes de típicamente menor tamaño conectadas de manera dispersa a lo largo de la red.

El crecimiento en la demanda de energía junto con el incremento en la eficiencia y la reducción de los costos asociados a la instalación de sistemas de generación basados en energías renovables [13], han motivado el diseño de redes de baja tensión cada vez más interconectadas (malladas) e incluyendo puntos de generación conectados en la misma red de distribución.

### 1.2.1 Impacto de la generación distribuida

La generación distribuida puede traer grandes beneficios a la red si es correctamente instalada. Al suplir parte de la demanda se reducen los flujos de potencia en la red aumentando así su capacidad y reduciendo las pérdidas [16, 17].

*"In theory, due to its proximity to the loads, distributed generation should contribute to the security of supply, power quality, reduction of transmission and distribution peak load and congestion, reduced need for long distance transmission, avoidance of network overcapacity, deferral of network investments and reduction in distribution grid losses (via supplying active power to the load and managing voltage and reactive power in the grid). In reality, integrating distributed generation into grids represents a capacity challenge due to DG production profiles, location and firmness."*<sup>1</sup>

Estudios realizados [14], han demostrado que una forma de lidiar contra los posibles efectos negativos de la generación distribuida consiste en la implementación de topologías malladas en las redes de distribución.

---

<sup>1</sup> [18] EURELECTRIC, Active Distribution System Management – “A key tool for the smooth integration of distributed generation, Full discussion paper”, February 2013.

Es de importancia entonces el desarrollo de algoritmos y métodos de cálculo que permitan obtener un diseño y una operación adecuada de las redes malladas y con generación distribuida (como por ejemplo las microrredes), de manera de cumplir con las restricciones técnicas necesarias, minimizando a su vez el costo asociado a la instalación y operación de la red. El objetivo del presente trabajo es el de proponer este tipo de algoritmos de cálculo.

### **1.2.2 Generadores**

El término de Generación Distribuida hace referencia a la utilización de pequeñas unidades de generación de hasta los 5 MW que se colocan de manera dispersa a lo largo de la red, típicamente cercanas a los puntos de demanda o a los centros de carga.

Las fuentes de energía renovable típicamente usadas en las microrredes son principalmente las celdas fotovoltaicas y los generadores eólicos, como muestran las figuras 1 a 4. Estas fuentes se conectan a la red a través de un inversor *Voltage Source Inverter* (VSI), permitiendo así un control dinámico y preciso de la potencia inyectada y de la tensión en cada punto de generación [5].

La energía generada (toda o parte de ella) es rectificadora de ser necesario y alimenta una barra de corriente continua, la cual a su vez, sirve como fuente DC para el inversor encargado de regular la inyección de potencia de la fuente hacia la red.

Como se muestra en la figura 4, estas fuentes se conectan a la red a través de un controlador y un transformador, generalmente equipado con un regulador automático de tensión (OLTC) *On Load Tap Changer*.

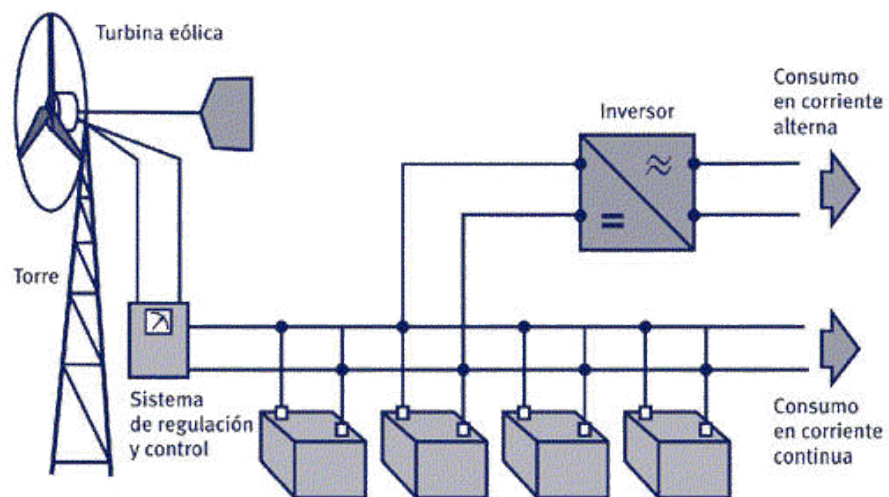


Figura 1. Ejemplo de generación eólica

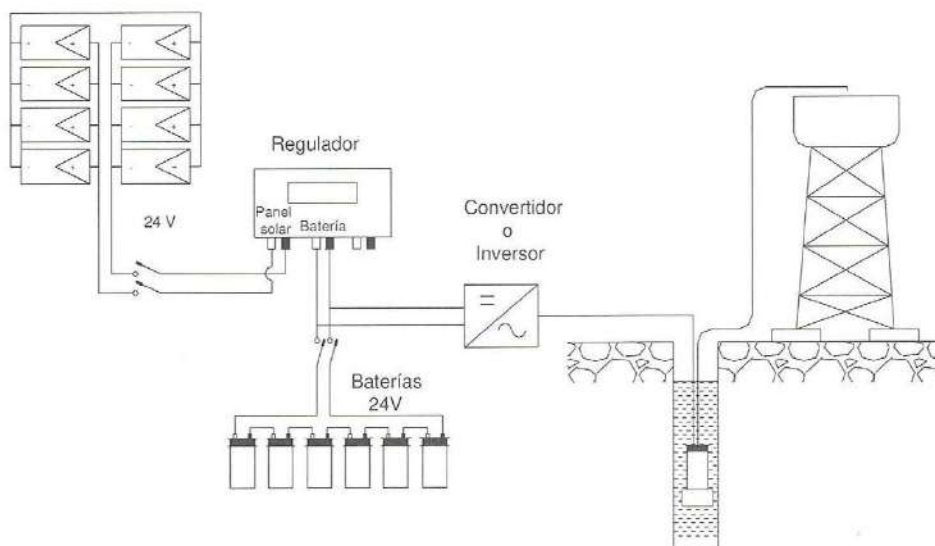


Figura 2. Ejemplo de generación solar

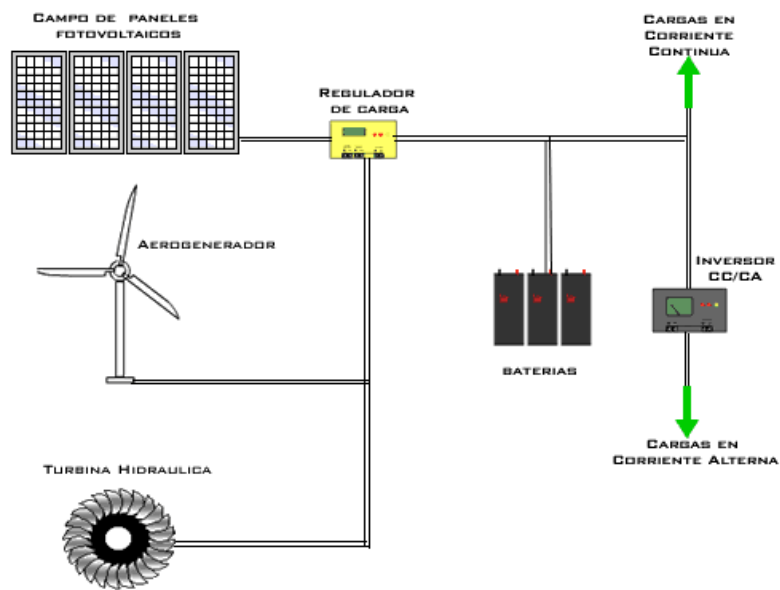


Figura 3. Ejemplo de generación híbrida

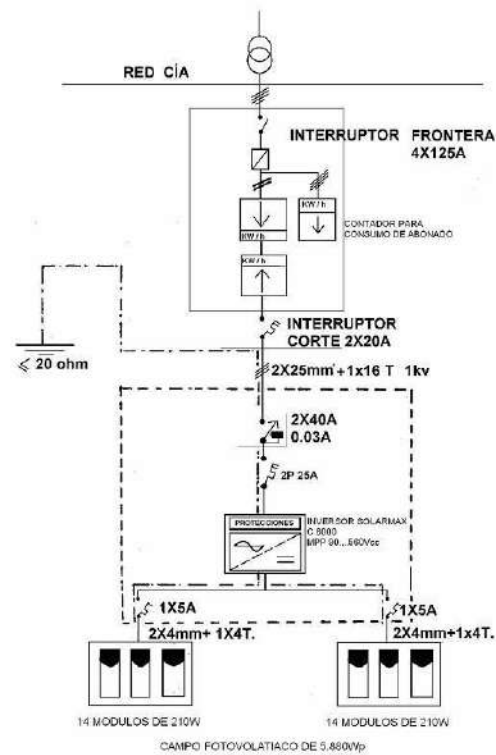


Figura 4. Ejemplo de conexión de generación distribuida a la red

Debido a su costo de operación y mantenimiento, al avance de la tecnología, la reducción de costos en equipos y los incentivos gubernamentales, la generación usando fuentes alternativas representa la mayor parte de la generación utilizada en forma de generación distribuida. Sin embargo, es posible utilizar fuentes convencionales como las turbinas a gas y/o combustibles líquidos, donde el control de la potencia y la tensión en el punto de conexión a la red se ejerce mediante controles tradicionales como la manipulación de la excitatriz.

### **1.2.3 Control de generación mediante inversores**

Los equipos basados en electrónica de potencia aplicados a las redes de transmisión de energía eléctrica permiten realizar el control de las variables de estado de la red, definidas principalmente por las tensiones en las barras y los flujos de potencia por las líneas.

La adecuada utilización de controladores proporciona beneficios notables en cuanto a la regulación de los flujos de potencias y corrientes por las líneas y los niveles de tensión en las barras. Esto permite controlar la estabilidad de la red ante perturbaciones tanto de grande como de pequeña señal, optimizar el transporte y consumo de energía reduciendo pérdidas y costos, e incrementando la capacidad total de la red, así como también mejorando la calidad del servicio.

En el área de la generación, la utilización de los dispositivos de electrónica de potencia se ha vuelto de gran importancia especialmente en el área de la energía renovable. La generación a partir de celdas fotovoltaicas, por ejemplo, requiere de un dispositivo de conversión de DC a AC que proporcione la posibilidad de variar de forma dinámica la magnitud de las corrientes y tensiones inyectadas así como también la frecuencia de las mismas. Así mismo la generación eólica, entre otras, involucra la imperiosa necesidad de utilizar sistemas de control dinámico.

El control de la potencia inyectada a la red es realizado principalmente a través del inversor, en el cual es posible especificar la magnitud de la potencia activa y reactiva a introducir a la red mediante el control de la magnitud y el ángulo de la tensión nodal. Dicho control es efectuado a través de la modulación del controlador VSI.

Adicionalmente, el cambiador de tomas del transformador permite realizar un ajuste adicional a la magnitud de la tensión de la barra, aumentando así el rango de control ejercido sobre el punto de generación.

### 1.3 MICRORREDES “MICROGRIDS”

El constante incremento de la demanda y la inclusión de pequeños puntos de generación distribuida en redes cada vez más interconectadas han provocado la necesidad de diseñar redes de distribución en baja y media tensión especializadas que permitan mantener la estabilidad y confiabilidad del sistema. A fin de ampliar la capacidad de control de estas redes, se han implementado sistemas de adquisición de datos de medición y envío de señales y comandos que, mediante controladores locales y globales, permitan regular el comportamiento de la red de forma inteligente. La electrónica de potencia, por su rapidez, precisión y versatilidad, tiene un papel vital en la implementación de este tipo de capacidades de control.

Las redes inteligentes o *smart grids* pueden ser definidas como redes con capacidad de monitorizar y controlar las variables de estado que las definen [19]. Dentro de las redes inteligentes, las microrredes consisten en un conjunto de cargas y generadores (generación distribuida) como celdas fotovoltaicas, turbinas de viento, etc. interconectados a través de un control inteligente.

El diseño de redes eléctricas donde la generación se encuentra distribuida junto a la demanda implica la necesidad de desarrollar nuevos conceptos y algoritmos de cálculo (flujos de carga, planificación óptima, coordinación de protecciones, etc.).

Es posible definir una microrred como un conjunto de cargas, sistemas de almacenamiento de energía y generadores de menor tamaño (generación distribuida) interconectados en una red inteligente [5] que permite el control de las variables de la misma, lo que a su vez permite aumentar la confiabilidad y la calidad del servicio, y de ser posible, minimizar los costos asociados.

Las microrredes pueden ser operadas de manera aislada de la red (modo isla) o pueden estar conectadas a la red [6], [16], [20] e intercambiar potencia dependiendo de las características de la demanda y la generación.

En caso de operar conectada a la red, la microrred ve a la red de suministro como una barra infinita [21], y por lo tanto, la referencia de tensión y frecuencia son determinadas por la red de suministro, quedando entonces definido el punto de conexión a la red como la barra de referencia o *slack* del sistema completo.

En caso de operar de manera aislada, es necesario definir una barra de referencia (barra *slack*) dentro de los puntos de generación existentes en la red, que normalmente será la barra de mayor



capacidad y debe ser capaz de regular la potencia reactiva necesaria a fin de mantener la referencia en magnitud y ángulo.

### 1.3.1 Control jerárquico de Microrredes

La potencia demandada por la red, así como su topología, cambia constantemente.

El control jerárquico permite a los generadores variar su punto de operación procurando mantener:

- Estabilidad en frecuencia
- Estabilidad en tensión.
- Restablecimiento del valor nominal de frecuencia.
- Restablecimiento del valor nominal de tensiones.
- Optimización del despacho de energía.

La potencia demandada por la red está sujeta a variaciones, y en ocasiones, la configuración de la red también. Los generadores deben responder a estos cambios de manera precisa, manteniendo en primer lugar la estabilidad de la tensión y frecuencia del sistema. Asimismo, es necesario que las potencias entregadas por los generadores (en régimen permanente) sean determinadas en función de una lógica que permita optimizar el despacho de la energía [22] minimizando los costos asociados a la generación, los costos por pérdidas en las líneas, entre otros factores sujetos a optimización, como el nivel de tensión o la confiabilidad de la red.

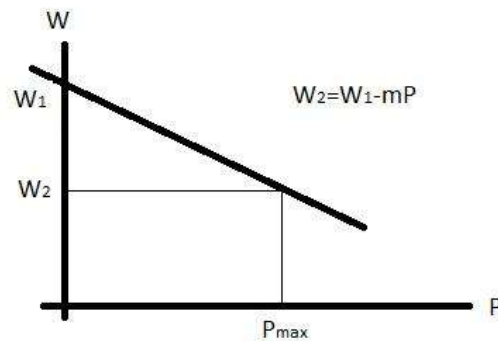
Los dispositivos de electrónica de potencia son comandados por un sistema de control el cual, mediante un algoritmo de modulación determinado, permite ejercer un control sobre variables tales como la tensión en el punto de conexión (en magnitud y ángulo), así como también la magnitud de la potencia activa y reactiva inyectada la red [7], [23], [24]. El control ejercido por los inversores (VSI) para determinar la variación de la frecuencia, la tensión y la potencia de los generadores se diseña e implementa en un orden jerárquico [22], [19], [25]-[28].

#### 1.3.1.1 Lazo de control primario

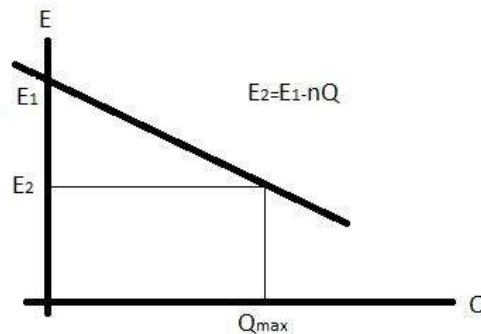
Este lazo de control permite ajustar los valores de frecuencia y tensión de los generadores a los cambios en la potencia demandada por la red, manteniendo así la estabilidad del sistema.

El control primario es un control local del VSI proveniente de mediciones tomadas directamente en el nodo al cual está conectado. Este control no depende de comunicaciones entre los VSI y el sistema de control centralizado, por lo cual es inmune al tamaño de la red (distancia entre equipos controladores y actuadores) [29], [30].

Está basado en el método de la pendiente, *droop method* o “curvas de estatismo”[19], [22], [28]. La constante de estatismo de los puntos de generación permite conocer la variación de frecuencia en el nodo a partir de variaciones en el flujo de la potencia de salida. Así mismo es posible determinar la relación entre la variación de la tensión y el cambio en el flujo de potencia reactiva. Las figuras 5 y 6 muestran estas relaciones.



**Figura 5. Relación entre variación de potencia activa y frecuencia**



**Figura 6. Relación entre variación de potencia reactiva y la tensión**

La relación entre las variaciones de potencia (activa y reactiva) y la frecuencia y magnitud de la tensión nodal se puede aproximar a una relación lineal, cuya pendiente es representada por los valores de  $m$  y  $n$  [29], [30].

Las mediciones en el punto de conexión a la red permiten calcular la variación de frecuencia y magnitud de tensión provocada por el cambio en los consumos de la red. Este valor sirve como referencia para determinar los valores de frecuencia y magnitud de tensión a obtener a la salida de

cada VSI. Adicionalmente en [27], [31], [32], se incluye un lazo local de seguimiento de fase y un lazo de impedancia de salida que permiten mejorar los resultados obtenidos con el *droop method*.

La respuesta requerida por cada generador ante variaciones de la red se establece según requisitos para mantener el control de la tensión y la frecuencia, pudiendo exigirse valores específicos de factor de potencia (y en consecuencia potencia reactiva) a inyectar o consumir de la red. Estos requisitos dependen de la legislación de cada país y sus correspondientes códigos de red. La figura 7 muestra un ejemplo de estos requisitos para la tensión y la potencia según el factor de potencia de la instalación [33].

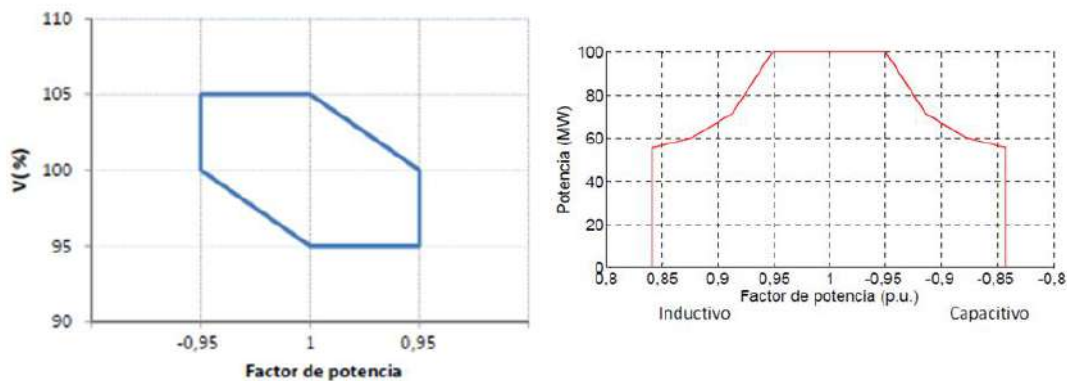


Figura 7. Ejemplo de requerimientos según código de red [33]

### 1.3.1.2 Lazo de control secundario

Una vez que ha actuado el lazo primario y se ha conseguido mantener la estabilidad de la red, el lazo de control secundario permite restablecer la frecuencia y la magnitud de la tensión de los generadores a valores más cercanos a sus valores nominales de operación o a los de una consigna específica de referencia proveniente de un control central.

El lazo de control secundario es un control del tipo centralizado, ya que toma las medidas de todos los puntos de la red y envía las señales de control a los VSI de cada generador. El ajuste de la frecuencia y la tensión es realizado mediante controladores proporcionales integrales (PI) [28].

$$\Delta W = k_{pw}(W_{mg}^* - W_{mg}) + k_{iw} \int (W_{mg}^* - W_{mg}) dt \quad (1)$$

$$\Delta E = k_{pE}(E_{mg}^* - E_{mg}) + k_{iw} \int (E_{mg}^* - E_{mg}) dt \quad (2)$$

El control secundario permitiría también adecuar la microrred (en magnitud de tensiones y frecuencia) para su conexión a la red principal de suministro.

### 1.3.1.3 Lazo de control terciario

Una vez que ha actuado el control primario y el secundario, para mantener la estabilidad del sistema y posteriormente recuperar los valores operacionales de la microrred, es posible adecuar las inyecciones de potencia a una operación técnica y económicamente eficiente.

El control terciario es un control centralizado que permite establecer los valores de potencia (activa y reactiva) inyectados por los generadores o intercambiados con la red a fin de obtener una operación óptima del sistema [19], [25].

El sistema de Manejo de Energía o *Energy Management System* (EMS) [21] consiste en un algoritmo de optimización que permite obtener las potencias técnica y económicamente óptimas a inyectar por cada generador ante cambios en la red (variación en la demanda o en la topología). El óptimo es calculado en función de los objetivos de optimización y las restricciones consideradas en el modelo [34]. Los EMS pueden ser aplicados tanto para la optimización de redes eléctricas completas como también para la optimización del desempeño de un generador determinado.

Debido a las características propias de las microrredes previamente descritas, en específico la presencia de generación distribuida en redes de baja y media tensión (baja relación X/R) e interconectada en topologías típicamente malladas, ha sido necesario un cambio respecto al paradigma de diseño y control clásicamente establecido. Esto ha motivado el desarrollo de estrategias y algoritmos totalmente nuevos y específicamente diseñados para este tipo de planteamiento.

Según [22] el control terciario es el menos reportado en las publicaciones. Entre los métodos reportados en la literatura, hay más de una perspectiva con respecto al objetivo y la estrategia de optimización a implementar para el control terciario. Es posible destacar por ejemplo los trabajos presentados en [35] donde el objetivo planteado es la minimización de los costos de generación estableciendo restricciones de estabilidad. En [36] se presenta un modelo en el que el objetivo es gestionar la energía de la red para permitir un posterior arranque en negro *black start*. En [37] se presenta un algoritmo EMS orientado a minimizar el uso de combustible y mantener los niveles en los tanques de combustible.

Los objetivos típicamente definidos para la optimización son la reducción de pérdidas, la minimización de costos de generación, la maximización de la eficiencia de los generadores, la confiabilidad, minimización de uso de combustible, entre otros [22], [25], [33].

Una vez calculadas las potencias activas y reactivas a inyectar por cada generador, el control central envía las señales a los VSI de cada controlador, para ajustar su punto de operación y adecuar así la inyección de potencia a los valores determinados.

Un control terciario adecuado debe estar basado en la implementación de estrategias y algoritmos adecuados para la planificación óptima de redes eléctricas de baja tensión considerando generación distribuida e interconectada en un sistema inteligente de monitorización y control.

*“Higher shares of distributed energy sources lead to unpredictable network flows, greater variations in voltage, and different network reactive power characteristics.*

*Active distribution system management may provide some answers to these questions. Indeed, distribution management will allow grids to integrate DER efficiently by leveraging the inherent characteristics of this type of generation.”<sup>2</sup>*

Un control terciario adecuado es de vital importancia a fin de lograr una interconexión técnica y económicamente óptima de los puntos de generación distribuida a la red, mediante el control de la potencia, el factor de potencia y la tensión en el punto de conexión a la red.

El operador de red, a través del control central y recibiendo el estado de la red como entrada, es el encargado de ejecutar el cálculo de despacho óptimo y determinar entonces el punto de operación de los generadores y la configuración de la red para garantizar una operación segura y eficiente. Dicho punto de operación de los generadores es clásicamente definido como una inyección de potencia activa determinada y a cierto factor de potencia, o bien es posible también procurar regular la tensión en el punto de conexión mediante la inyección de potencia reactiva.

*“With active power output, either a fixed target value for reactive power provision or a target value variably adjustable by remote control (or other control technologies) will be specified by the network operator in the transfer station. The setting value is either:*

---

<sup>2</sup> [18] EURELECTRIC, Active Distribution System Management – “A key tool for the smooth integration of distributed generation, Full discussion paper”, February 2013.

a. a fixed active factor  $\cos \varphi$  or

b. an active factor  $\cos \varphi (P)$  or

c. a fixed reactive power in MVar or

d. a reactive power/voltage characteristic  $Q(U)$ .”<sup>3</sup>

Dependiendo de la relación entre la potencia demandada y generada en la microrred, para los momentos en los que la capacidad instalada supere la demanda, la microrred podría aportar parte de su generación a la red principal.

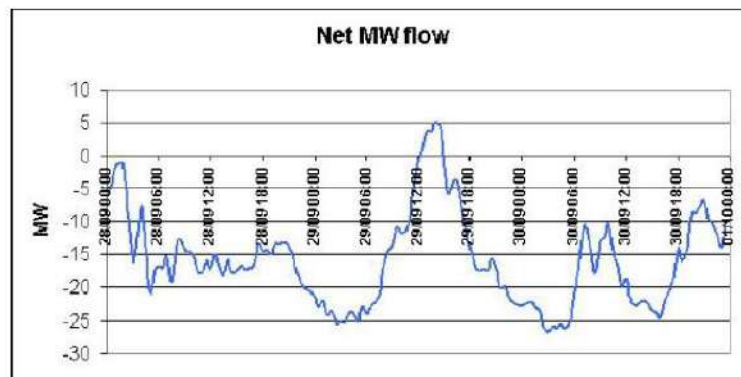


Figura 8. Ejemplo de intercambio de potencia con la red [18]

Al inyectar potencia a la red, las características y requerimientos del punto de conexión, como su tensión, potencia y/o factor de potencia, son definidos por la legislación local de cada país y es controlado por el operador de la red eléctrica de transmisión. La figura 8 muestra un ejemplo de inyección de potencia a la red en una subestación en Irlanda [18].

#### 1.4 PLANIFICACIÓN ÓPTIMA DE REDES ELÉCTRICAS

La planificación de redes de energía eléctrica consiste en la elaboración de planes y diseños que permitan llevar la energía desde las fuentes a los puntos de demanda, al menor costo posible y respetando las restricciones técnicas aplicables [1]-[3], [39]. Los algoritmos de optimización de redes eléctricas están orientados a lograr tanto un diseño como un control eficiente de la red.

<sup>3</sup> [38] STARGRID, FP7-318782 report - "D3.2 Standardization Document Analysis", Version 1.2, Submission date, May 2014.

La complejidad de la planificación de sistemas de distribución eléctrica se debe principalmente a la naturaleza combinatoria del problema, la existencia de múltiples objetivos, la incertidumbre en la información y el elevado número de variables involucradas [40], [41].

Una planificación adecuada debe tomar en consideración los siguientes factores principales:

**Aspecto Económico:** La planificación debe estar orientada a procurar la minimización de los costos asociados a la red. Entre estos costos se pueden mencionar aquellos asociados a los costos fijos por instalación de equipos, los costos por pérdidas, los costos asociados a confiabilidad debido a interrupciones, entre otros.

**Aspecto Técnico:** La planificación debe realizarse de manera tal de respetar las restricciones técnicas de la red tales como los balances de potencia, evitar violaciones de las capacidades de transformadores y líneas, mantener un adecuado nivel de confiabilidad, entre otras.

**Aspecto Social:** La red debe ser planificada considerando factores de seguridad, ambientales y estéticos.

#### 1.4.1 Modelo de optimización

La construcción de un modelo de planificación adecuado debe ser realizada siguiendo tres pasos principales:

1. Identificación de las variables: Determinación de aquellos parámetros que pueden ser controlados (variables de decisión) y las variables que afectan el desempeño del sistema.
2. Planteamiento de la función objetivo: El objetivo de la planificación debe estar debidamente modelado a través de una función matemática dependiente de las variables de decisión previamente determinadas.
3. Planteamiento de las restricciones: Consiste en el planteamiento matemático de todas aquellas condiciones necesarias o deseadas para lograr una operación adecuada del sistema.

La optimización aplicada a un modelo de planificación de redes eléctricas, consiste en el proceso mediante el cual son calculados los valores de las variables de decisión que permiten lograr un diseño eficiente de la red, de acuerdo a los criterios establecidos por la(s) función(es) objetivo(s), y cuya solución satisface los criterios establecidos por las restricciones planteadas en el modelo.

#### *1.4.1.1 Variables de estado y de decisión*

El primer paso para la formulación de un modelo de planificación es la identificación de las variables a calcular y de los parámetros que afectan el desempeño del sistema.

Entre las variables de decisión clásicamente calculadas en modelos de planificación de redes eléctricas es posible mencionar: ubicación y potencia a inyectar por generadores, calibres de las líneas, capacidad de los transformadores, entre otras.

La existencia de variables de tipo continua (como las potencias por las líneas) y de tipo discreta (como la colocación o no de una fuente en un nodo), implica que el problema de optimización será del tipo Entero-Mixto [40], [42].

#### *1.4.1.2 Función objetivo*

El objetivo de la planificación debe estar debidamente modelado a través de una función matemática dependiente de las variables de decisión y de estado previamente determinadas.

Entre los objetivos típicamente planteados es posible mencionar: minimización de costos fijos y de pérdidas, minimización de la caída de tensión, maximización de confiabilidad, entre otros.

La formulación de modelos de planificación de redes eléctricas usualmente implica la necesidad de incluir más de un objetivo.

Los objetivos definidos pueden ser antagónicos entre sí, esto implica que el proceso de optimización podría no estar orientado a la búsqueda de un óptimo global sino a la evaluación de un conjunto de soluciones eficientes que representan el mejor compromiso posible entre los objetivos [43]-[45]. Este conjunto de soluciones eficientes o no dominadas es denominado el Frente de Pareto.

Entre los objetivos típicamente contemplados en los modelos de planificación de redes de baja y media tensión es posible mencionar:

- Minimización de los costos fijos de instalación de líneas y transformadores
- Minimización de los costos variables por pérdidas en conductores y transformadores.



- Confiabilidad. Este objetivo puede ser modelado en función a los costos asociados a la energía no servida.

Desde el punto de vista de las microrredes, la incorporación de generación distribuida implica la necesidad de desarrollar modelos matemáticos que permitan optimizar el diseño. En el presente trabajo, los objetivos de optimización definidos son la minimización de los costos de instalación, y la minimización de los costos asociados a pérdidas de potencia activa por efecto Joule en los conductores:

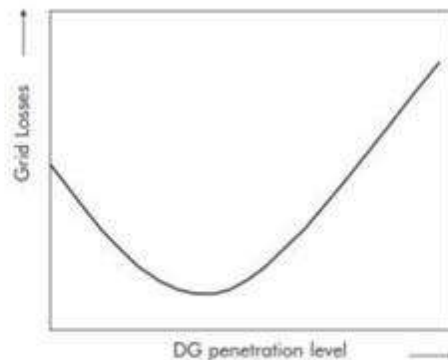
➤ Minimización costos de instalación:

Procurar un diseño que permita reducir los costos por la instalación de equipos inadecuados (conductores, transformadores, generadores, etc.). Es de vital importancia procurar una minimización de los costos de inversión sin afectar la capacidad esperada de la red.

➤ Minimización de pérdidas

El diseño de la red debe ser tal que se procure la minimización de pérdidas de potencia activa en las líneas.

De acuerdo a estudios presentados en [18], la incorporación de generación distribuida sin una adecuada planificación puede provocar un incremento en las pérdidas de potencia en las redes en lugar de reducirlas (como muestra la figura 9), razón por la cual es de vital importancia elaborar metodologías de planificación que permitan reducir dichas pérdidas.



**Figura 9. Relación entre la generación distribuida y las pérdidas [18]**

### 1.4.1.3 Restricciones

Planteamiento matemático de todas aquellas condiciones necesarias o deseadas para lograr una operación adecuada del sistema [43], [46].

Entre las restricciones establecidas en el modelo, existen restricciones rígidas o necesarias para el correcto funcionamiento del sistema y restricciones opcionales. Entre estas restricciones es posible mencionar las siguientes:

#### **Restricciones rígidas:**

- Leyes de Kirchhoff, son leyes basadas en la conservación de la energía y la carga en circuitos eléctricos planteadas por Gustav Kirchhoff en 1845.
- Capacidades máximas en líneas.
- Capacidades máximas y mínimas en transformadores.

#### **Restricciones opcionales:**

- Restricción de radialidad (topología de la red).
- Caídas máximas de tensión.

## 1.4.2 Clasificación de los modelos de planificación

A continuación se presenta una clasificación para ilustrar las posibles estructuras y características de los modelos de planificación [47], permitiendo a su vez definir las características del modelo propuesto en el presente trabajo.

### 1.4.2.1 Según las restricciones asociadas

- Modelos restringidos:

Aquellos modelos en los cuales la solución óptima, para la función objetivo, puede ser evaluada sin considerar ningún tipo de restricciones.

- Modelos no restringidos:

Hace referencia a aquellos modelos en los cuales la solución óptima debe ser evaluada considerando ciertas limitaciones establecidas por un conjunto de restricciones.

Las restricciones introducidas en el modelo definen el área factible dentro de la cual se ha de realizar la búsqueda de la solución.

El modelo de planificación de redes eléctricas debe incluir las restricciones obligatorias o “rígidas”, tales como el balance de potencia, las leyes de Kirchhoff y los límites operacionales de líneas y transformadores.

#### *1.4.2.2 Según el tipo de variables*

- Modelos de variables continuas:

Modelos en los cuales las variables pueden asumir cualquier valor en el dominio de los números reales en pasos continuos.

- Modelos de variables enteras o problemas discretos:

Modelos planteados utilizando variables que solo pueden tomar valores enteros.

- Modelos de variables enteras - mixtas:

Modelos que en su planteamiento incluyen un conjunto de variables enteras y otro de variables continuas.

La naturaleza de las variables incluidas en el modelo de planificación de redes eléctricas planteado en el presente trabajo, implica la necesidad de definir y calcular tanto variables continuas, como la potencia y corriente por las líneas, como discretas, como las variables de decisión asociadas a la instalación o no de una línea o un transformador. Por lo tanto, el modelo utilizado es del tipo Entero-Mixto.

#### *1.4.2.3 Según la linealidad del modelo*

- Modelos lineales:

Son aquellos basados en la optimización de una función objetivo de característica lineal y sujeto a restricciones igualmente lineales. Si existe una solución para un problema de optimización del tipo

lineal, el conjunto de restricciones del modelo forma un espacio en el cual se encuentra la solución óptima [45].

- Modelos no lineales:

Son aquellos en los cuales al menos una de las funciones objetivo o restricciones es de característica no lineal. Las pérdidas de potencia en forma de calor que ocurre en las líneas (efecto Joule), al depender del cuadrado de la corriente, introduce una característica no lineal en el modelo de planificación óptima de redes eléctricas.

La característica del área factible en modelos no lineales introduce la posibilidad de convergencia a soluciones no eficientes, por lo que es necesario implementar algoritmos especializados o estrategias para evitar la convergencia a soluciones locales.

*1.4.2.4 Según la certeza de las variables*

- Modelos determinísticos:

Los datos utilizados para las variables que definen el modelo son especificados considerando un determinado valor típico o esperado.

- Modelos estocásticos:

La función objetivo y restricciones se encuentran planteadas en función de variables cuyos valores, en la vida real, suelen estar sujetas a variaciones aleatorias. Los modelos estocásticos consideran estas fluctuaciones o rango posible de las variables utilizadas.

Al evaluar la modelación de sistemas, es posible que la información necesaria para establecer una adecuada distribución probabilística no sea acertada o suficiente. Por esta razón, numerosos analistas han preferido la utilización de un enfoque determinístico, incluyendo actualizaciones de la información por cada etapa de la planificación [47] o planteando diversos escenarios en los cuales cada variable asume un valor específico dentro del rango posible y donde cada escenario es evaluado a través de un modelo también determinístico [2].

Debido a los tiempos de estudio considerados en el presente trabajo (corto a mediano plazo), es posible reducir las incertidumbres en las variables involucradas, como las potencias demandadas, la ubicación de los consumidores y de las posibles fuentes así como las rutas de interconexión a

considerar, haciendo posible plantear un número concreto y finito de escenarios a evaluar [48]. El modelo de planificación considerado en este trabajo es por lo tanto del tipo determinístico y las variaciones en las variables son simuladas y analizadas mediante etapas sucesivas de modelos igualmente determinísticos

#### *1.4.2.5 Según las etapas de planificación*

- Modelos monoetapa:

Aquellos modelos basados en un único intervalo de tiempo o año horizonte.

- Modelos multietapa:

Son modelos en los cuales el tiempo completo de estudio es dividido en una secuencia de intervalos de tiempo. El modelo debe brindar soluciones a cada intervalo de tiempo, procurando obtener una solución óptima para el año horizonte.

La metodología de planificación propuesta en el presente trabajo es aplicable tanto para modelaciones del tipo monoetapa como multietapa, El método propuesto fue utilizado tanto en modelos de diseño de redes completas, como de reconfiguración y expansión por etapas y de control bajo diversos escenarios y variaciones.

#### *1.4.2.6 Según el número de objetivos*

- Modelos monobjetivo:

El proceso de optimización consiste en la satisfacción de una única función objetivo.

- Modelos multiobjetivo:

Conformados por aquellos modelos en los cuales la planificación es realizada en función a más de un objetivo.

En el presente trabajo son considerados tanto los costos de instalación (fijos) de generadores y líneas, como los costos asociados a pérdidas de potencia (variables), por lo que el modelo es del tipo multiobjetivo.

#### 1.4.2.7 Según el tiempo de estudio

Dependiendo de los intervalos de tiempo considerados para la planificación, se puede establecer la siguiente clasificación [2]:

- Planificación a largo plazo o estratégica:

Consiste en planes y estrategias ideadas para su aplicación en intervalos de tiempo mayores a 10 años, principalmente basadas en la localización de subestaciones y el desarrollo de planes de expansión geográficamente extensos. Este tipo de planificación requiere de la utilización de métodos tales como la econometría, series de tiempo y el uso de la tierra.

Debido a los lapsos de tiempo considerados, este tipo de planificación implica también un grado importante de incertidumbre en las variables consideradas, razón por la cual los modelos de planificación a largo plazo son clásicamente formulados mediante modelos probabilísticos.

- Planificación a mediano plazo o diseño:

Consiste en planes ideados para su aplicación en intervalos de 5 a 10 años. En esta planificación son determinadas las capacidades de las fuentes y transformadores a instalar, la configuración de la red y la selección de conductores.

- Planificación a corto plazo:

Planificación diseñada para su aplicación en tiempos menores a 5 años, consiste básicamente en el diagnóstico de la red y la optimización de su diseño (por ejemplo reconfiguraciones) y de su operación.

Al evaluar modelos de planificación de redes eléctricas a corto y mediano plazo, es posible considerar las variables involucradas como conocidas y constantes.

La metodología de planificación de redes eléctricas propuesta en este trabajo es planteada considerando un tiempo horizonte determinado en el cual se toman como conocidas las demandas y su ubicación geográfica (corto y mediano plazo).

### 1.4.3 ALGORITMOS DE OPTIMIZACIÓN

La optimización es un procedimiento orientado a la búsqueda de soluciones de un problema de planificación, definido a través de un modelo matemático, calculando para ello la(s) solución(es) que brinden un valor mínimo o máximo a uno o más objetivos determinados. Los valores de las variables asociadas a dichas soluciones son calculadas mediante la evaluación del modelo matemático del sistema y deben pertenecer al área factible definida por el conjunto de restricciones establecidas.

En otras palabras, un algoritmo de optimización es el procedimiento que permite calcular la solución que satisface de manera óptima los objetivos del modelo, por lo tanto, el algoritmo correcto a utilizar dependerá del modelo utilizado.

A continuación se presenta una clasificación y una breve descripción de los algoritmos de optimización más utilizados para la resolución de los modelos descritos anteriormente. Esto a su vez permitirá definir las características los algoritmos utilizados para la resolución de los modelos de planificación en el presente trabajo.

#### 1.4.3.1 Según el tipo de variables

- Algoritmos para modelos de variables continuas:

Son aquellos utilizados para hallar la solución de modelos de optimización compuestos por variables que pueden asumir valores reales en pasos continuos. Entre ellos es posible destacar al método *SIMPLEX* [49], y los métodos de punto interior como el método elipsoidal y el primal-dual [50].

El algoritmo propuesto en el método *SIMPLEX* consiste en la repetición de operaciones sencillas hasta alcanzar la solución, que gracias al desarrollo de la computación, permite resolver problemas de gran tamaño sin mayor esfuerzo computacional. La limitación principal del método consiste en que solo puede ser utilizado para resolver problemas de optimización de un único objetivo y donde todas las variables involucradas sean continuas [45].

Referirse al Anexo B para más detalles sobre estos algoritmos.

- Algoritmos para modelos de variables enteras o mixtas

En vista que los métodos existentes, como el *SIMPLEX*, no resultan directamente aplicables a problemas con variables enteras, se han desarrollado nuevos algoritmos que permitan la utilización de este tipo de variables.

La mayoría de estos métodos parten de asignar valores a las variables binarias de manera de definir escenarios factibles, para entonces calcular la solución óptima de cada escenario utilizando algoritmos para variables continuas, como por ejemplo el *SIMPLEX*.

Dependiendo de la magnitud del problema (cantidad de variables, restricciones etc.) puede ser posible definir todas los escenarios posibles y buscar entonces las solución óptima en cada uno y elegir la mejor (método de enumeración total). Sin embargo, en la mayoría de los casos, para sistemas de mayor complejidad como la planificación y optimización de redes eléctricas, es necesario acotar el espacio factible de búsqueda, para reducir el costo computacional y el tiempo asociado a explorar todas las soluciones factibles. Esta búsqueda debe ser hecha de manera correcta a fin de explorar solo aquellos espacios de solución donde pueda encontrarse la solución global del problema.

El algoritmo clásicamente utilizado para la resolución de modelos del tipo entero-mixto es el denominado *Branch and bound* (ramificación y acotamiento), en el cual, a partir de una solución factible, son exploradas diferentes variaciones evaluando su resultado y acotando la búsqueda para evitar la evaluación de soluciones que no aporten mejores resultados.

Referirse al Anexo B para la descripción del algoritmo y sus características principales.

#### 1.4.3.2 *Según la linealidad del modelo*

- Algoritmos de programación lineal:

Son aquellos métodos únicamente aplicables a modelos lineales, entre ellos se destaca el método *SIMPLEX*. En los modelos lineales, el espacio factible definido por las restricciones permite orientar el cálculo hacia la solución global.

- Algoritmos de programación no lineal:



Al desarrollar algoritmos para modelos no lineales, es de especial interés la inclusión de técnicas que orienten la búsqueda hacia los mínimos y máximos globales, evitando así la convergencia a un máximo o mínimo local.

En el área de la programación matemática existen diversos algoritmos aplicables a sistemas no lineales de optimización. Entre los más reconocidos pueden ser mencionados los siguientes [50]: Método de mínimos cuadrados, Métodos basados en la serie de *Taylor*, Método de *Newton*.

En ninguno de estos métodos puede asegurarse la convergencia a mínimos globales para todos los tipos de problemas, por lo cual se ha realizado un trabajo extenso en busca de aquel algoritmo que efectivamente oriente su búsqueda hacia el óptimo global.

Entre estos algoritmos se destacan aquellos basados en reglas heurísticas, conocidos también como métodos de búsqueda inteligente, y están basados en reglas que permiten aumentar la probabilidad de convergencia a la solución global del modelo.

Entre estos algoritmos es posible destacar los siguientes: Algoritmos genéticos, *Tabu Search*, *Simulated Annealin*, *Greedy method*, *Branch Exchange*, entre otros.

Referirse al Anexo B para más detalles relacionados con estos algoritmos para la resolución de modelos no lineales basados en reglas heurísticas.

#### 1.4.3.3 Según las etapas de planificación

- Algoritmos para modelos monoetapa (estáticos):

Los algoritmos mencionados anteriormente son directamente aplicables a la resolución de modelos estáticos o monoetapa, en los cuales la información proporcionada para las variables es considerada como válida y constante durante el intervalo de tiempo de la planificación.

- Algoritmos pseudodinámicos para modelos multietapa:

En la metodología pseudodinámica la planificación por etapas se realiza mediante una secuencia de optimizaciones monoetapa para cada uno de los intervalos de tiempo que conforman el total del tiempo evaluado o año horizonte [1], [2].

Aplicado al caso de las redes eléctricas, la optimización multietapa pseudodinámica consiste en dos pasos principales. En una etapa se evalúa la planificación óptima deseada para el año horizonte, y también se realizan optimizaciones monoetapa sucesivas para los años intermedios. En estas evaluaciones intermedias, las ubicaciones de los generadores y sus capacidades, así como también las rutas y calibres de las líneas a construir deben realizarse respetando las decisiones a tomar definidas para el año horizonte [51], [52]. En [53] se plantea un algoritmo pseudodinámico es planteado a partir de una adaptación del método de *Branch Exchange*.

La metodología propuesta en el presente trabajo se utiliza para la resolución de modelos de planificación en varias etapas mediante un enfoque pseudodinámico, donde la solución hallada para el año horizonte permite determinar soluciones óptimas para etapas anteriores.

- Algoritmos dinámicos para modelos multietapa:

Los métodos dinámicos de optimización procuran alcanzar, mediante una única rutina de optimización, las configuraciones de la red para todas las etapas [54]-[56].

En [57] se plantea un modelo totalmente dinámico, en el cual las decisiones de construcción en el tiempo, son incluidas en la función objetivo. Sin embargo este método no ha sido probado para ejemplos prácticos multietapa [55].

#### 1.4.3.4 Según el número de objetivos

- Algoritmos para modelos monobjetivo:

Los algoritmos hasta ahora mencionados tienen aplicación directa a la resolución de modelos de optimización de un objetivo determinado. La resolución de más de un objetivo requiere la utilización de algoritmos especiales que permitan obtener la(s) solución(es) global(es) del problema.

- Algoritmos para modelos multiobjetivo:

Consiste en metodologías propuestas a fin de evaluar la solución o soluciones de modelos que incluyen en su objetivo más de un objetivo a optimizar.

Entre los algoritmos para los cuales se han reportado los mejores resultados para la resolución de modelos de planificación de redes eléctricas es posible destacar el método de asignación de pesos, el *e-constraint* y el *goal programming* [45], [47].

Referirse al Anexo B para más detalles y el planteamiento de estos algoritmos de optimización multiobjetivo.

#### **1.4.4 Modelo multiobjetivo de planificación de redes de distribución eléctrica**

La formulación de modelos de planificación de redes de distribución, a fin de poder evaluar soluciones realmente adecuadas, usualmente implica la necesidad de incluir más de un objetivo en su planteamiento.

Los objetivos definidos pueden ser antagónicos entre sí, esto implica que el proceso de optimización podría no estar orientado a la búsqueda de un óptimo global sino a la evaluación de un conjunto de soluciones eficientes que representan el mejor compromiso posible entre los objetivos. Este conjunto de soluciones eficientes o no dominadas es denominado el Frente de Pareto.

Los métodos de optimización brindan una ayuda vital al momento de desarrollar una adecuada estrategia de planificación. Para la mayoría de las aplicaciones en el mundo real, como la planificación de redes eléctricas, los problemas generalmente involucran más de un objetivo, y que además podrían ser conflictivos entre sí, es decir, que no se puede optimizar uno sin perjudicar al otro, situación para la cual un enfoque basado en la minimización de uno solo de ellos arrojaría una solución que probablemente no sea la más adecuada [58].

Los objetivos conflictivos más resaltantes involucrados en la planificación de redes eléctricas son la minimización de costos fijos de inversión y la minimización de pérdidas por efecto Joule en los conductores, ya que decisiones orientadas a minimizar uno de los costos implica la obtención de valores mayores para el otro.

Por esta razón, la motivación principal del presente trabajo es proponer un modelo de optimización multiobjetivo de redes eléctricas que permita el cálculo de la familia de soluciones eficientes o “Frente de Pareto”.

#### 1.4.4.1 Modelo matemático

$$\min f(x) = \min \left\{ [f_1(x), f_2(x), \dots, f_m(x)]^T \right\} \quad (3)$$

$$x \in \Omega \quad (4)$$

$$c_j(x) = 0, \quad (5)$$

donde  $j = 1, \dots, n$

$$c_k(x) \leq 0, \quad (6)$$

donde  $k = 1, \dots, p$

$x$	Vector de decisión
$f(x)$	Función objetivo
$\Omega$	Espacio de solución
$c_j$	Restricción de igualdad
$c_k$	Restricción de desigualdad

Las soluciones que proporcionen el mejor compromiso entre los objetivos son denominadas soluciones eficientes, óptimas de Pareto o no dominadas.

#### 1.4.5 Soluciones no dominadas

El concepto de solución óptima de Pareto fue introducido en 1896 por Vilfredo Pareto, estableciendo que una solución para el problema multiobjetivo es no dominada si no existe otra solución que introduzca una mejora en uno de los criterios sin perjudicar a otro [47].

La región definida por el conjunto de soluciones no dominadas se conoce como Frente de Pareto, como muestra la figura 10:

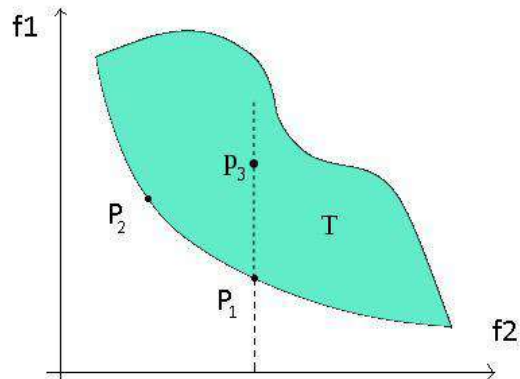


Figura 10. Frente de Pareto

$f_1, f_2$	Objetivos
$T$	Región de soluciones dominadas
$P_1, P_2$	Soluciones no dominadas
$P_3$	Solución dominada

En [59], se identifican tres tipos de planteamientos orientados a la obtención de las soluciones no dominadas en un modelo de planificación multiobjetivo. Los métodos se clasifican como métodos de preasignación, interactivos y de selección posterior. Referirse al Anexo B para detalles adicionales respecto a estos algoritmos.

- Métodos de preasignación

Los métodos de preasignación, como el *Goal Programming* [45] requieren asignar valores esperados a los objetivos. Debido al bajo requerimiento computacional requerido se utilizan ampliamente en aplicaciones prácticas. Sin embargo presenta la desventaja de requerir información precisa sobre el problema analizado para acotar la búsqueda a valores objetivo preestablecidos.

- Métodos multiobjetivo interactivos

Son algoritmos basados en una secuencia de procedimientos de cálculo computacional y decisiones del analista a fin de orientar la búsqueda de las soluciones [45]. No se utilizan usualmente debido al alto requerimiento de interacción con el programa.

- Métodos de selección posterior

Los métodos de selección posterior como el Método de asignación de pesos o *Weightening Method* y el *e-constraint*, buscan la obtención del conjunto de soluciones no dominadas del problema, de entre las cuales será seleccionada la solución final a aplicar. El principal problema de este tipo de métodos consiste en el elevado tiempo y esfuerzo computacional requerido para la evaluación del conjunto de soluciones no dominadas del problema.

La metodología propuesta está orientada a la búsqueda de la familia de soluciones no dominadas o frente de Pareto, por lo que está basada en la utilización de los métodos de selección posterior asignación de pesos y *e-constraint*,

#### 1.4.6 Modelación no lineal de redes eléctricas

Al incluir en el planteamiento restricciones o función objetivo de naturaleza no lineal, tal como las pérdidas por efecto Joule en las líneas, la búsqueda de la(s) solución(es) al problema de planificación de redes, se realiza mediante una de las siguientes estrategias:

- Métodos enumerativos.
- Métodos heurísticos.
- Linealización.

- Métodos enumerativos:

El método está basado en el cálculo de todas las posibles soluciones para un problema determinado, para luego seleccionar de ellas la más adecuada.

La necesidad de calcular y evaluar todas las soluciones factibles hace inaplicable este tipo de métodos a problemas de gran número de variables, razón por la cual han sido desarrollados métodos que permiten acotar el número de opciones a analizar y orientar de manera inteligente la búsqueda

de las soluciones. En vista de la imposibilidad práctica de utilizar el método de la enumeración total a problemas de grandes dimensiones, se han desarrollado algoritmos que permiten realizar la búsqueda de la solución a través de una enumeración parcial [47].

- Métodos heurísticos:

La evaluación de la solución se realiza mediante algoritmos basados en reglas heurísticas. Entre estos métodos se destacan los algoritmos genéticos, *Simulated Annealing*, *Tabu Search*, entre otros, utilizados típicamente para la resolución de problemas de característica no lineal.

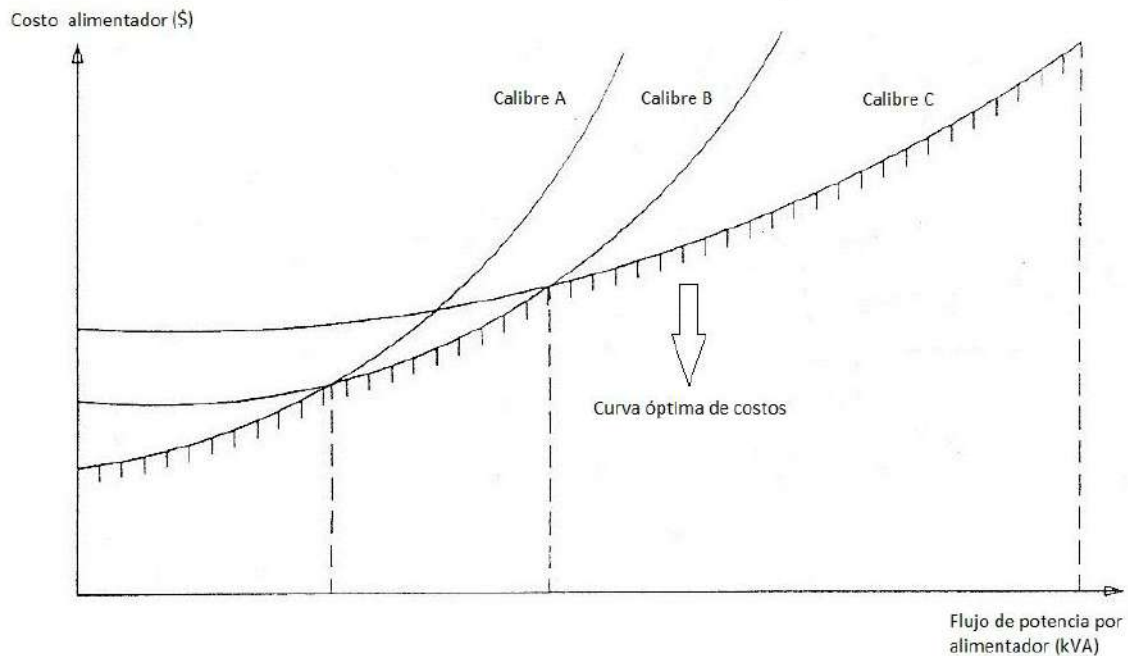
La principal desventaja de utilizar algoritmos basados en reglas heurísticas para la resolución de problemas de planificación de planteamiento no lineal, es el hecho de no poder garantizar, para ciertos casos, la convergencia a soluciones no dominadas [1], [2]. Por lo cual, es necesaria la utilización de técnicas especiales que eviten la obtención de soluciones no eficientes o dominadas [47].

- Linealización:

A fin de evitar la convergencia a mínimos locales y, considerando que, de existir una solución para un problema de optimización lineal, el conjunto de restricciones del modelo forma un espacio convexo en el cual se encuentra la solución óptima [45]. Una metodología propuesta para la resolución de modelos no lineales, consiste en la linealización de la formulación matemática, permitiendo este planteamiento la utilización de algoritmos determinísticos aplicables a planteamientos lineales [60]. Es importante destacar que la selección de un punto de linealización inadecuado podría provocar la obtención de soluciones erradas o no eficientes.

#### **1.4.7 Linealización utilizando la densidad de corriente**

En el presente trabajo, uno de los objetivos considerados por el modelo es la minimización de los costos asociados a las pérdidas por efecto Joule en los conductores. La expresión matemática no lineal de segundo orden asociada a dichas pérdidas se linealiza, utilizando para ello el concepto de la densidad de corriente económica *Jec* [61] mostrada en la figura 11. Esta técnica ha sido reportada por la literatura como un procedimiento adecuado para ello [62], [63], permitiendo obtener una mejor solución, en un tiempo inferior, a los resultados obtenidos por técnicas de optimización basadas en algoritmos genéticos utilizando funciones objetivo no lineales.



La linealización de las pérdidas por efecto Joule en conductores se realiza tomando como base la densidad de corriente correspondiente al flujo de potencia esperado para el conductor. Es por esta razón que la calidad de la linealización depende de la desviación entre la corriente estimada y la finalmente calculada para cada calibre de cada línea considerada en el modelo.

El valor de densidad de corriente económica puede ser hallado, por ejemplo, a partir de las potencias calculadas por alimentador, provenientes de un algoritmo de optimización previo.

Partiendo de la expresión para las pérdidas eléctricas:

$$\Delta P = 3I^2 R \times 10^3 \quad (7)$$

donde

$\Delta P$  Pérdidas de potencia activa

$I$  Corriente de línea

$R$  Resistencia de línea

<sup>4</sup> [61] M. A. Farrag, M. M. Metwally, and M. S. El-Bages, "A new model for distribution system planning," *Elect. Power and Energy Syst.* vol. 21, no. 7, pp 523-531, Oct. 1999.



La corriente se expresa en función de la densidad económica de corriente y la sección transversal [61]:

$$I = J_{ec} A \quad (8)$$

donde

$J_{ec}$  Densidad de corriente económica estimada

$A$  Área del conductor

Luego, considerando las siguientes expresiones de corriente y la resistencia del conductor:

$$I = \frac{S}{\sqrt{3}V_{nom}} \quad (9)$$

$$R = \rho \frac{l}{A} \quad (10)$$

donde

$V_{nom}$  Tensión nominal del sistema

$S$  Potencia aparente por la línea

$\rho$  Resistividad del conductor

La expresión linealizada resultante se plantea entonces de la forma siguiente:

$$\Delta P = \frac{\sqrt{3}J_{ec} \times 10^3}{V_{nom}} S \quad (11)$$

En 2003 [64] se presentó un modelo monobjetivo en el cual los costos asociados a pérdidas por efecto Joule en conductores se linealizan utilizando como base la  $J_{ec}$ , e incluye una rutina de corrección del punto de linealización, basada en las potencias calculadas por flujo de carga, de la red resultante del algoritmo de optimización.

En la metodología propuesta, el punto de la linealización (definida por la corriente estimada), se corrige al actualizar el valor de la densidad de corriente por las líneas de acuerdo al valor calculado mediante algoritmos de flujo de carga de la red, aplicados en este caso a un modelo de optimización multiobjetivo.

#### **1.4.8 Antecedentes de la optimización de redes de eléctricas de baja tensión y microrredes**

Los orígenes de la aplicación de algoritmos especializados para la resolución de modelos de planificación aplicados, se remonta a principio de siglo XX. Durante la primera guerra mundial, resultó de vital importancia la elaboración de modelos que permitieran una adecuada distribución de los recursos disponibles. Tras la guerra, las empresas desarrollaron un creciente interés en el desarrollo de modelos de optimización aplicados a todo tipo de áreas, incluyendo la planificación y optimización de redes eléctricas.

La evolución de los modelos de planificación puede ser dividida por épocas [65]:

Primera etapa (1960 - 1969): Establece los fundamentos y primeras propuestas de los modelos de planificación.

Segunda etapa (1970 - 1979): Esta etapa se caracteriza por la creación de modelos basados en programación lineal. En esta etapa resulta evidente la diferenciación entre métodos basados en la optimización de subestaciones o de líneas como elementos principales a considerar en el diseño. Las restricciones técnicas incorporadas incluyen las capacidades de líneas y subestaciones y la primera ley de Kirchhoff.

Tercera etapa (1980 - 1989): Los modelos pertenecientes a esta etapa pueden ser divididos en dos categorías: Aquellos basados en el algoritmo de *Branch and Bound* y aquellos basados en modelado no lineal. En esta década se consideran nuevas restricciones, tales como la máxima caída de tensión permitida y radialidad.

Cuarta etapa (1990 - 1999): Los algoritmos expuestos en esta década, pueden ser clasificados entre aquellos basados en *Branch and Bound*, y los basados en técnicas heurísticas y meta-heurísticas. En esta época, se evidencian los primeros planteamientos concernientes a la fiabilidad, la incertidumbre, y la programación multiobjetivo.

Quinta etapa (2000 - 2010): Caracterizada por el perfeccionamiento de los modelos anteriores, y un incremento en el interés por el desarrollo de modelos multiobjetivo y la modelación de incertidumbres.

Sexta etapa (2010 - 2018): El incremento en la generación distribuida y en las capacidades de control inteligente y monitorización definen esta nueva etapa en el desarrollo de métodos de planificación óptima.

- En 1947, se desarrolló el método *SIMPLEX*, destinado a la resolución de problemas del tipo lineal [45].
- En 1960 [49], se propuso un modelo simple basado en programación entera, desarrollado para minimizar los costos sujeto a un conjunto de restricciones lineales.
- En 1974 [66], se propuso un modelo basado en programación entera mixta lineal, en el cual las subestaciones no fueron incluidas en el proceso de optimización. Conocidas las capacidades de transformación y la ubicación de las subestaciones de distribución, el algoritmo orienta su búsqueda hacia la selección de rutas y calibres de las líneas. El modelado es del tipo monobjetivo considerando la minimización de los costos totales representados por los costos fijos de instalación y las pérdidas en las líneas. La función objetivo correspondiente a las pérdidas se linealiza mediante una aproximación, y el algoritmo de resolución utilizado es el *Branch and Bound*. Las tensiones se calculan luego de obtener la solución.
- En 1974 [67], se propuso un modelo centrado en la búsqueda del crecimiento óptimo de las capacidades de transformación de las subestaciones y la minimización de los costos de transferencia entre ellas. Basado en la minimización de únicamente los costos fijos, sin incluir los costos variables, se presentó un modelo monoetapa de dos fases. En una primera fase se seleccionan las subestaciones mediante el uso de programación entera y en la fase siguiente se determinan los consumidores a suplir por cada subestación mediante el uso de programación lineal.
- En 1974 [68], el modelo desarrollado permite la selección de las capacidades de distribución y su ubicación óptima. El objetivo a minimizar es el producto de las potencias a suministrar hasta las cargas por la distancia entre ellas y la fuente, y la solución se calcula mediante el algoritmo del camino más corto. Se incluye la restricción de los límites máximos de potencia suministrada por las subestaciones.

- En 1977 [69], se desarrolló un modelo que permite calcular la localización óptima de líneas y subestaciones simultáneamente. Los costos totales, representados por los costos fijos y variables, representan la función a minimizar. La programación presentada es del tipo entera - mixta lineal y resuelta mediante el algoritmo de *Branch and Bound*. La condición de radialidad no se incluye en las restricciones, sin embargo, se considera una vez alcanzada la solución, mediante la aplicación de la técnica heurística del *load splitting* en caso de que la solución alcanzada no sea radial.

La técnica del *load splitting* consiste en una regla de decisión heurística basada en la eliminación de la línea que transporta la menor potencia, luego se recalcula la configuración resultante.

- En 1979 [70], se desarrolló un método basado en la obtención de la ubicación y dimensionamiento óptimo de conductores. La minimización únicamente contempla los costos variables linealizados y la restricción de radialidad se incluye mediante la técnica del *load splitting*.
- En 1981 [40], se presentó un modelo de minimización de costos totales y variables de subestaciones y líneas, en el cual los costos variables se aproximan mediante segmentos lineales.
- En 1981 [71], se planteó un modelo en el cual son conocidas las capacidades de las subestaciones y las líneas. El problema planteado consiste en la localización de nuevas subestaciones en una red existente del tipo radial. El algoritmo utilizado para la resolución es el *Branch and Bound*.
- En 1981 [3], se presentó un método de dos fases. En la primera fase se determina el área a alimentar por cada subestación y línea principal, considerando como objetivo la minimización de las caídas de tensión, mediante una formulación en variables continuas, y resuelto mediante el método *SIMPLEX*. En la segunda etapa se presenta un método para transformar variables continuas en enteras para luego calcular el tamaño de subestaciones y líneas.
- En 1981 [72], se presentó un modelo que considera la ubicación de subestaciones nuevas y existentes mediante el algoritmo de *Branch and Bound*. Las tensiones se calculan luego de ser calculada la solución.
- En 1982 [52], se desarrolló una metodología multietapa mediante modelaciones monoetapa en dos fases. En la primera fase se determina la planificación óptima para el año horizonte y en la segunda etapa, mediante modelado monoetapa, se calculan los esquemas de

planificación a seguir para cada año intermedio, considerando para estos la construcción de líneas y subestaciones calculados en la etapa anterior.

- En 1982 [73], se planteó el problema de obtención de rutas óptimas para las redes de distribución rural, considerando una subestación fija y demandas conocidas y de ubicación definida. La optimización se orienta hacia la minimización de costos fijos y variables. Entre las restricciones se incluye la máxima caída de tensión permitida.
- En 1983 [74], se planteó el problema de minimización de costos fijos y variables, mediante la determinación del tamaño y ubicación de líneas y subestaciones. Los costos variables son linealizados y el algoritmo empleado para la solución es el *Branch and Bound*. Luego de hallarse la solución final, se evalúa nuevamente considerando su característica no lineal. Incluye restricciones de caída de tensión, y la condición de radialidad se establece al eliminar, en el lazo de una solución no radial, aquella rama que presente el mayor costo.
- En 1984 [75], se desarrolló un modelo entero - mixto lineal de planificación considerando inicialmente una única etapa para el año horizonte, posteriormente el sistema se divide en subredes y mediante un modelo dinámico se evalúan las soluciones para cada etapa intermedia. El planteamiento incluye la restricción de radialidad.
- En 1984 [42], se presentó un modelado multiobjetivo interactivo, considerando costos de inversión, costos por pérdidas y confiabilidad, en el cual el método de asignación de pesos se utiliza como soporte al identificar las soluciones no dominadas. El algoritmo de búsqueda de solución utilizado es el *Branch and Bound*.
- En 1985 [76], se planteó un modelo en el cual los costos variables se plantean en forma no lineal. La resolución del problema se plantea mediante un algoritmo de Lagrange de optimización lineal continua.
- En 1986 [56] y 1987 [54], se desarrollaron modelos dinámicos de planificación orientados a la determinación de ubicaciones y calibres óptimos de líneas y subestaciones.
- En 1987 [77], se planteó un modelo basado en programación entera - mixta cuadrática no lineal para la determinación de las ubicaciones y dimensionamientos óptimos de líneas y subestaciones. La formulación no incluye restricciones de caída de tensión y radialidad.
- En 1987 [78], se incluyó por primera vez en la función objetivo un término, sumado a la función de costos, que representa el costo asociado a la energía no suministrada.
- En 1988 [79], se presentó un modelo de planificación basado en el cálculo de los calibres óptimos de conductores considerando costos fijos y variables. Los costos variables se linealizan y se incluye la restricción asociada a la caída de tensión.

- En 1990 [80], se planteó un problema simplificado orientado a la selección del calibre de los conductores utilizando costos variables no lineales. El algoritmo es del tipo dinámico, sin embargo el algoritmo presenta problemas de eficiencia al ser aplicado a planificaciones a largo plazo [65].
- En 1990 [81], se presentó un algoritmo en el cual los costos variables se utilizan en su forma no lineal. En primera instancia se determinan las ubicaciones de las subestaciones mediante la minimización de pérdidas, luego, dentro de cada zona de demanda, se establece la condición que cada nodo debe estar conectado al nodo adyacente más cercano.
- En 1990 [82], se planteó un problema sencillo de determinación de la ubicación de líneas realizado mediante la minimización de costos fijos. El aporte principal de esta aplicación consiste en el algoritmo de *Branch Exchange* presentado.
- En 1991 [83], se planteó un modelo en el cual se asigna mayor importancia a los costos por subestaciones. El problema se resuelve mediante el algoritmo de relajación Lagrangiana.
- En 1991 [84], se amplió el algoritmo de *Branch Exchange* a fin de ser aplicado a un modelo multietapa. El algoritmo divide el problema por etapas y cada una de ellas se evalúa por separado mediante *Branch Exchange*. La técnica desarrollada incluye pasos hacia atrás para revisar que la planificación de etapas nuevas no afecte el óptimo de otra. Se ha reportado la posibilidad de obtener mínimos locales con este procedimiento [65].
- En 1991 [51], se presentó una metodología pseudodinámica dirigida a la selección óptima de la capacidad y ubicación de subestaciones y líneas. La minimización de costos se realiza mediante optimizaciones sucesivas.
- En 1992 [33], el algoritmo del *Branch Exchange* se mejora mediante la incorporación de una técnica heurística que procura evitar los mínimos locales, permitiendo durante el programa, aceptar soluciones que no mejoren el objetivo, esperando que modificaciones futuras sobre ellos proporcione mejores soluciones.
- En 1993 [86], se planteó un modelo multiobjetivo cuyas soluciones no dominadas son obtenidas mediante los métodos de asignación de pesos y el *e-constraint*, y el algoritmo de resolución utilizado es el *Branch and Bound*.
- En 1994 [87], se introdujo en la optimización la consideración de posibles fallas técnicas. En una primera fase se determina una red inicial, a continuación se plantean escenarios de fallas posibles y cada uno se evalúa mediante *Branch Exchange*. Por último, con la información obtenida del paso anterior, se determina una solución final, la cual se optimiza a fin de minimizar los costos de instalación de la misma.

- En 1994 [88], la optimización se realiza mediante la utilización de algoritmos genéticos. El enfoque monobjetivo se representa por un función única dada por la suma de los costos de inversión y pérdidas, costos por energía no servida y costos asociado a las caídas de tensión. Se evalúa la capacidad de los algoritmos genéticos de hallar las soluciones no dominadas no soportadas del problema.
- En los años 1991, 1992 y 1995 [89]-[93], se desarrolló una revisión de los métodos de identificación de soluciones no dominadas para problemas multiobjetivo, a través del algoritmo *Branch and Bound*. Se presentan modelos de planificación monobjetivo y multiobjetivo. El problema multiobjetivo se evalúa mediante técnicas de programación dinámicas y pseudodinámicas. En los modelos expuestos, los objetivos de la planificación son los costos totales y al menos un objetivo distinto así como la fiabilidad, niveles de tensión, o condiciones estéticas y geográficas. Los algoritmos utilizados son el método de la asignación de pesos, *goal programming*, *compromise programming* y *step method*.
- En 1995 [94], se planteó un modelo basado en confiabilidad. El objetivo presentado consiste en la minimización de la energía no suministrada en caso de interrupciones.
- En los años 1994 y 1995 [92], [73], se presentó un modelo compuesto por dos objetivos a minimizar, los costos económicos y la energía no suministrada.
- En 1995 [95], se planteó un modelado difuso y multicriterio para sistemas radiales. Los objetivos a minimizar son los costos de inversión, costos por pérdidas y costos asociados a la energía no servida. El algoritmo utilizado es el *Simulated Annealing*.
- En 1996 [96], se presentó un modelo en el cual la restricción correspondiente a las capacidades máximas de las subestaciones se modela mediante variables difusas.
- En 1996 [97], el método multiobjetivo lineal entero - mixto planteado, las cargas y las inyecciones de generación distribuida sea plantean mediante una descripción difusas de las mismas.
- En 1996 [98], se presentó un modelo de planificación en el cual las incertidumbres son consideradas mediante modelaciones *Fuzzy*. La búsqueda de las soluciones está basada en la jerarquización y asignación de pesos de los objetivos. El algoritmo de optimización utilizado es el *Branch and Bound*, utilizando como vector de arranque una solución inicial calculada usando técnicas heurísticas.
- En 1996 [99], el costo por confiabilidad se incluye en la función objetivo. La planificación multietapa se realiza mediante la optimización coordinada de cada etapa por separado, de

forma tal que los elementos útiles para etapas siguientes son favorecidos o, en caso contrario, penalizados.

- En 1996 [100], se presentó un algoritmo interactivo basado en la minimización del producto de la potencia por la distancia. Las rutas son definidas considerando evitar obstáculos posibles. El algoritmo no incluye métodos para evitar mínimos locales.
- En 1997 [101], se presentó un modelo de optimización cuya resolución es planteada mediante el algoritmo *Branch Exchange*.
- En 1997 [102], se planteó el algoritmo *Tabu Search* para evaluar la planificación óptima de una red urbana de distribución.
- En 1997 [53], se modifica el método de *Branch Exchange* de forma tal de adaptarlo a un modelado multietapa. Se incorpora una técnica que permite la evaluación de caminos de búsqueda, que en primera instancia empeoran la función objetivo, con la finalidad de evitar la convergencia a mínimos locales.
- En 1998 [103], se presentó un modelo con costos variables no lineales y la optimización se desarrolla mediante Algoritmos Genéticos. El modelo considera restricciones de caídas de tensión y radialidad.
- En 1998 [104], se muestran las diferencias entre la planificación basada en evaluaciones probabilísticas de escenarios futuros y una estrategia basada en minimizar el riesgo involucrado en la toma de decisiones. Mediante un ejemplo se demuestra que el planteamiento probabilístico es menos seguro y no evalúa todas las soluciones importantes posibles.
- En 1999 [105], se presentó un modelo multiobjetivo evaluado mediante la utilización de algoritmos genéticos. La optimización de las funciones objetivo (costos y fiabilidad), se plantea según el método de asignación de pesos.
- En 1999 [106], se presentó un modelo multiobjetivo cuya solución se evalúa mediante el uso de algoritmos genéticos. En el planteamiento se incluye la generación distribuida.
- En 2001 [107], se presentó un algoritmo genético mejorado para la resolución de problemas de optimización multiobjetivo. El modelo incluye una función de confiabilidad y una de costos fijos y variables, en forma no lineal. La implementación del algoritmo evolutivo permite el cálculo de las soluciones no dominadas y, posteriormente, el planificador determina directamente la solución a implementar.



- En 2001 [108], se presentó un modelo que incluye en su planteamiento dos objetivos, el costo de inversión en líneas y el costo por interrupciones, en el cual la evaluación de las soluciones no dominadas se realiza mediante el Goal Programming, utilizando para su resolución el algoritmo de Branch and Bound.
- En 2002 [109] se planteó un modelo Fuzzy de planificación multiobjetivo en el cual la búsqueda de las soluciones no dominadas se realiza a través del método de asignación de pesos, y utilizando algoritmos de optimización del tipo dinámico.
- En 2003 [110], se planteó un modelo que incluye generación distribuida, el objetivo consiste en la determinación de las capacidades y la ubicación de líneas y subestaciones para problemas de expansión, minimizando los costos por instalación y pérdidas.
- En 2003 [111], se planteó un modelo del tipo lineal entera-mixta multiobjetivo, para problemas de planificación de redes eléctricas incluyendo incertidumbres modeladas mediante lógica Fuzzy.
- En 2003 [112], se presentó un modelo de optimización multiobjetivo considerando generación distribuida, la incertidumbre en la inyección de potencia por la generación distribuida se modela mediante una formulación Fuzzy. El algoritmo utilizado es el Algoritmos Genéticos.
- En 2004 [113], se presentó un algoritmo Tabu Search orientado a la búsqueda de soluciones a problemas multiobjetivo considerando los objetivos de costos, confiabilidad y robustez.
- En 2003 [97] y 2006 [114], se resuelven problemas del tipo lineal entero-mixto multiobjetivo, para problemas de planificación de generación.
- En 2006 [115], se planteó un modelo multiobjetivo en el cual la búsqueda de la solución se realiza mediante un algoritmo genético que incluye operadores de mutación y *crossover* especiales para el problema.
- En 2006 [44], se presentó un modelo de planificación de RD multiobjetivo lineal, en el cual se consideran los costos fijos de inversión, costos por pérdidas de potencia en conductores y los costos asociados a confiabilidad. El algoritmo utilizado para calcular las soluciones de Pareto es el *e-constraint*.
- En 2007 [37], se planteó un modelo multiobjetivo, orientado a buscar un perfil de tensiones adecuado en la red de distribución, valiéndose para ello de inyecciones de potencia reactiva en nodos de carga. La búsqueda de la solución se realiza mediante Algoritmos Evolutivos.

- En 2007 [116], se presentó una descripción de los modelos de optimización multiobjetivo reportados en la literatura.
- En 2007 [117], se planteó la resolución del problema multiobjetivo mediante una versión de algoritmo genético basado en la búsqueda de soluciones no dominadas orientado a la optimización en el despacho de potencia reactiva.
- En 2008 [38], se planteó un problema de optimización basado en la reubicación óptima de generación distribuida en la red de distribución. La solución se evalúa mediante *Simulated Annealing*.
- En 2010 [33], se presentó una estrategia de optimización orientada al cálculo de la potencia reactiva a inyectar a fin de mantener la estabilidad de tensión de la red.
- En 2011 [16], se presentaron los fundamentos y una estrategia para el control de microrredes operando tanto aisladas como conectadas a la red.
- En 2011 [36], se presentó una estrategia para poder efectuar *black start* en microrredes.
- En 2011 [118], se desarrolló una metodología para la evaluación de la confiabilidad y la optimización económica de microrredes.
- En 2011 [119], se presentó una metodología de planificación óptima en redes incluyendo generación distribuida en microrredes. Los objetivos considerados para definir la red óptima son las pérdidas y el perfil de tensiones de la red.
- En 2011 [19], se presentó la filosofía de control jerárquico de microrredes.
- En 2012 [34], se presentó un algoritmo de optimización del despacho de carga, en el que se procura la reconfiguración de la red a fin de integrar la microrred a la red de suministro. El algoritmo utilizado se basa en reglas heurísticas de optimización.
- En 2012 [120], se presentó un estudio sobre el flujo de potencia en microrredes al operar en forma aislada o conectada a la red de suministro. Los estudios de flujo de carga fueron desarrollados usando el programa *PowerWorld*. Se evaluó el comportamiento de la red al modelar los nodos de generación tanto como nodos tipos PQ como nodos tipo PV.
- En 2012 [121], se presentó un estudio en el que el objetivo es el de optimizar el costo de instalación de generación distribuida en microrredes, evaluando generación eólica, solar, generación con diesel, biomasa y baterías.
- En 2013 [122], se propuso una técnica de optimización multiobjetivo de microrredes donde los objetivos considerados son la minimización de costos y de emisiones. El modelo utilizado fue el *e-constraint*.

- En 2013 [18], se presentó un reporte detallando los requisitos de control de potencia para la incorporación adecuada de generación distribuida en las redes eléctricas.
- En 2013 [4], se presentaron estudios de flujo de carga utilizados para redes débilmente malladas incluyendo generación distribuida.
- En 2013 [37], se presentó un método EMS interactivo aplicado a microrredes donde el objetivo consiste en la optimización del despacho de potencia basado en modelos de predicción de generación y demanda utilizando una red neural para la predicción de la demanda para dos días.
- En 2014 [38], se presentó un reporte completo desarrollando los criterios para la estandarización del control ejercido sobre la generación distribuida. Se presentaron los requisitos de actuación de los generadores ante variaciones en la red.
- En 2014 [123], se presentó una metodología orientada a la optimización de los recursos a fin de maximizar la eficiencia de las microrredes. En el modelo, la predicción de generación y la demanda se definen mediante un modelado estocástico.
- En 2014 [124], se presentó una técnica de optimización de la demanda utilizando DLC (*Direct Load Control*) a fin de determinar las acciones de *load shifting* y *peak shaving* a fin de minimizar los costos totales de la microrred.
- En 2015 [125], se presentó un algoritmo para la optimización en tiempo real de sistemas de almacenamiento de energía en microrredes.
- En 2015 [126], se presentó un modelo de optimización de microrredes orientado a la minimización de los costos, la reducción de la potencia pico *peak shaving* y la reducción de emisiones.
- EN 2015 [127], se presentó un método de control dinámico de microrredes en el cual se consideran fuentes fotovoltaicas, puntos de demanda regulables, sistemas de almacenamiento de energía y estaciones de carga para vehículos eléctricos.
- En 2016 [128], se presentó una estrategia de EMS considerando las incertidumbres en las predicciones de generación renovable. El modelo probabilístico se plantea usando verificaciones de Monte Carlo.
- En 2016 [129], se presentó un modelo de optimización linealizado de microrredes en el que se evalúa la minimización de la potencia generada, la optimización de los ciclos de carga y descarga de baterías y el intercambio de potencia con la red de suministro.

- En 2016 [130], se propuso un método de optimización multiobjetivo de microrredes considerando fuentes fotovoltaicas no controlables, en el que los objetivos definidos son la minimización de costos y factores ambientales.
- En 2017 [131], se propuso un método EMS dinámico para la optimización de la operación de microrredes en tiempo real, permitiendo corregir los errores introducidos por predicciones previas al despacho.
- En 2017 [132], se presentó una comparación entre las microrredes en AC y en DC, basada en las consideraciones de optimización técnica y económica de la red considerando la minimización de los costos de operación, minimización de la energía importada desde la red y la confiabilidad.
- En 2017 [133], se presentó una revisión y una comparación entre los métodos de optimización en el intercambio de potencia activa y reactiva en microrredes aisladas y controladas por un esquema de control jerárquico.
- En 2017 [134], se presentó un algoritmo de flujo de potencia optimizado, orientado a la minimización de costos por pérdidas en las líneas de microrredes de corriente continua.
- En 2018 [135], se presentó un modelo de optimización multiobjetivo de microrredes considerando las incertidumbres en las predicciones de generación renovable. El algoritmo presentado procura la optimización de los costos de operación y la minimización de la energía no suministrada *Energy Not Supplied* (ENS) debido a fallas en la red.

#### 1.4.9 Modelo PLMO 0-1 entero mixto desarrollado

La planificación de redes eléctricas, debido a la naturaleza de las variables involucradas, es clásicamente modelada a través de un planteamiento entero mixto. Si el problema incluye en su planteamiento formulaciones del tipo no lineal, el modelo es entero-mixto no lineal y la resolución de este tipo de problemas se encuentra ampliamente referenciada en [1]. Si por el contrario la formulación del problema es del tipo lineal, el modelo es entonces entero-mixto lineal, y si las variables enteras solo pueden tomar los valores 0 y 1, la metodología a aplicar para la búsqueda de soluciones al modelo es denominada: **Programación Lineal Multiobjetivo 0-1 Entero Mixto “PLMO 0-1 ENTERO MIXTO”**.

En el modelo utilizado en el presente trabajo, son consideradas tanto variables continuas, como el valor de la potencia por las líneas, como discretas del tipo binaria, como la instalación o no de líneas y generadores, por lo que es un planteamiento **0-1 Entero Mixto**.

El modelo considerado incluye objetivos diferentes, tales como la minimización del costo de inversión en generadores y líneas, así como también la minimización de pérdidas de energía en los conductores. Por lo tanto, el planteamiento es del tipo **Multiobjetivo**.

En el algoritmo propuesto, la característica no lineal introducida en el modelo al considerar la minimización de pérdidas por efecto Joule, es resuelta mediante la linealización de la función aplicando el concepto de la densidad de corriente económica, por lo que el algoritmo de solución es del tipo **Lineal**. Es importante destacar, que entre los métodos de optimización multiobjetivo entero-mixto reportados en la revisión bibliográfica, y que incluyan formulaciones que fueron linealizadas, ninguno incluye un método para la corrección de la linealización.

A fin de evitar la convergencia a soluciones erradas o no eficientes, la metodología propuesta incorpora una rutina que permite corregir el punto de linealización (a partir de evaluaciones de flujo de carga de las soluciones calculadas) de manera de poder hallar el conjunto de soluciones no dominadas del problema, sin necesidad de resolver el modelo no lineal original.

## 1.5 FLUJO DE CARGA

El Flujo de Carga (FC) es una metodología de cálculo que permite determinar el estado en régimen permanente del sistema eléctrico.

Las variables de estado de la red, definidas principalmente por las tensiones nodales (magnitud y ángulo), se calculan a partir del modelado de los parámetros conocidos (como las potencias demandadas e inyectadas y las impedancias de línea) y el problema se resuelve clásicamente utilizando métodos numéricos iterativos [136].

El flujo de carga es un algoritmo cuyo objetivo consiste en el cálculo de las tensiones nodales en régimen permanente. El régimen permanente es aquel estado estacionario en donde existe un equilibrio de las potencias generadas y las consumidas más las pérdidas, y las variables de frecuencia y tensión no presentan variaciones significativas [136].

Matemáticamente, el flujo de carga es un problema determinístico, donde todas las variables de estado (módulo y ángulo de las tensiones de los nodos) pueden ser calculadas con los datos mínimos necesarios. Un dato de más, convertiría al problema en un problema sobredeterminado y ya no sería en sí un problema de flujo de carga, sino un problema pertinente a un estimador de estados.

El problema es no lineal y no puede ser resuelto analíticamente, por lo tanto se recurre a técnicas numéricas (iterativas) para hallar la solución. Una implicación importante a considerar sobre la no-linealidad es la posibilidad de tener múltiples soluciones para el sistema de ecuaciones, por lo cual se debe tener cuidado dado que solamente una solución tendrá sentido físico.

Una vez calculadas las tensiones, es posible calcular directamente las corrientes, los flujos de potencia y las pérdidas de la red. El análisis del flujo de carga es de gran utilidad, ya que permite analizar las condiciones de la red, permitiendo ser aplicado como subrutina para algoritmos de optimización u otros que requieren éste tipo de análisis.

Las primeras metodologías de flujo de carga como el *Newton-Raphson* y el *Gauss-Seidel* fueron planteadas inicialmente para el sistema de transmisión en alta tensión, cuya configuración es típicamente mallada. Luego, estos métodos fueron empleados en los sistemas de distribución en media y baja tensión, donde se encontraron problemas de convergencia y eficiencia [138]-[145] debidos principalmente a la configuración típicamente radial y al amplio rango de relación X/R. Por esta razón, fueron desarrolladas nuevas familias de algoritmos de flujo de carga que explotan la radialidad del circuito y a su vez son inmunes al amplio rango de relación X/R [144], [146]-[150]. Finalmente, se lograron extender estos algoritmos para poder ser utilizados en sistemas de distribución débilmente mallados [146], [151], [152].

### 1.5.1 Formulación del flujo de carga

Los datos de entrada al algoritmo de flujo de carga son de dos tipos:

**Datos de los Nodos:** Corresponden a las especificaciones de los datos operacionales de cada nodo (punto de conexión de un consumidor o una fuente), como su potencia consumida o generada, su magnitud de tensión, etc.

**Datos de Red:** Corresponden a las especificaciones de las conexiones y a los parámetros de las líneas, transformadores y compensadores.

#### 1.5.1.1 Tipos de Nodos

En función de las variables conocidas o controladas en cada nodo, estos se clasifican de la siguiente manera:

- Nodo de Referencia o Slack:

Nodo generalmente de gran potencia que permite establecer la referencia angular de las tensiones nodales.

Debido al desconocimiento a priori de las pérdidas en la red de distribución, se asigna la referencia angular en aquel nodo capaz de suplir la potencia restante requerida por el sistema. Su módulo de tensión también es controlable y por lo tanto conocido, el ajuste de potencia reactiva será el necesario como para establecer la magnitud de tensión de referencia.

- Nodos PQ

Son aquellos nodos en los que se especifican las potencias activas y reactivas generadas o consumidas en el punto de conexión.

Los nodos PQ son los más abundantes en los sistemas de baja y media tensión, conformando más del 95 % del total de nodos de la red.

- Nodos PV

Son aquellos nodos en los que se especifican la potencia activa y la magnitud de la tensión. Generalmente hace referencia a puntos de conexión de generadores con control de tensión y potencia. No siempre es adecuado modelar los sistemas de distribución de esta manera, ya que al no ser aplicable el principio de desacople, resulta difícil procurar la inyección de la potencia reactiva necesaria para mantener una determinada tensión fija en el nodo.

## **1.5.2 Modelo circuital del sistema de baja y media tensión**

A continuación se presenta el modelo de los principales elementos considerados para poder realizar el flujo de carga de una red eléctrica en baja y media tensión.

### *1.5.2.1 Consumidores o cargas*

Están definidas por la demanda de energía eléctrica por parte de los consumidores. La diversidad de consumidores en la red de distribución establece la existencia de tipos muy diversos de demandas. Establecer una carga nodal equivalente implica necesariamente la consideración de factores tales como los tipos de carga y la diversidad entre ellas.

Las cargas pueden ser modeladas como potencias complejas constantes (caso típico), como impedancias constantes o como corrientes constantes según el comportamiento de éstas. El modelado de cargas desbalanceadas se encuentra desarrollado ampliamente en [153]-[155]. Adicionalmente, en [155] se presenta el modelado de éstas como funciones polinomiales de potencias dependientes de las tensiones nodales.

Generalmente son puntos donde solo se conoce la potencia activa y reactiva consumida, por lo que son considerados como nodos del tipo PQ.

#### 1.5.2.2 Líneas

Las líneas de distribución eléctrica están conformadas por conductores y/o cables (conductores con aislamiento) con un amplio rango de relación entre su reactancia y su resistencia “X/R” y generalmente menores que las líneas de transmisión. Los valores de X/R de las líneas de distribución varían aproximadamente desde 0.15 para un calibre de conductor #6, hasta 1.6 para un conductor de calibre 750 MCM [156].

El modelo usado es el modelo “pi” ( $\pi$ ) estándar para líneas cortas [137] donde se desprecia el efecto capacitivo y se considera sólo el nexo serie.

#### 1.5.2.3 Fuentes, generadores y subestaciones

Las subestaciones de distribución son los centros en los cuales se transforma la tensión proveniente de las redes de transmisión de alta tensión, a niveles de voltaje de media tensión empleados en los sistemas de distribución primaria. Estas subestaciones de distribución vienen en numerosas configuraciones y tamaños. Las pequeñas subestaciones rurales típicamente tienen capacidades entre los 5 hasta 17 MVA. Las subestaciones de las regiones suburbanas, típicamente llegan a tener una capacidad de hasta 35 MVA. Las subestaciones diseñadas para alimentar grandes zonas urbanas, llegan a tener capacidades mayores a los 50 MVA [13].

Para el sistema de potencia, el sistema de distribución se comporta como una carga equivalente, mientras que para el sistema de distribución, el sistema de potencia simula una barra infinita.

El término de Generación Distribuida *GD*, aplicado a nivel de Baja y media tensión, hace referencia a la utilización de pequeñas unidades de generación colocadas de manera dispersa a lo largo de la red. Estas pequeñas unidades de generación continúan mejorando en costo y eficiencia [13].



La utilización de pequeños generadores y fuentes, cercanos a las cargas aumenta la capacidad de suministro de potencia y por consiguiente la capacidad de expansión de la red. Adicionalmente, se logra una significativa reducción en las pérdidas y mejoras en los niveles de tensión. Una generación distribuida empleada con la configuración adecuada, puede inclusive mejorar la calidad de la energía suministrada y la confiabilidad del sistema.

Dado que las redes de distribución generalmente son alimentadas por una subestación por circuito y que éstas son las principales despachadoras de potencia, de la cual se desconocen a priori sus valores potencia a transferir, entonces se asume al nodo de la subestación como el nodo de referencia *slack*.

En caso de operar una red aislada y de existir múltiples fuentes, se seleccionará aquella de mayor capacidad de regulación de tensión y frecuencia (generalmente la de mayor potencia) como la barra de referencia. A las fuentes restantes se las considerará como elementos de inyección de potencia activa y reactiva controlada (nodo PQ) o como barras de tensión controlada y de inyección de potencia activa constante (nodo PV).

- Modelo PQ de generadores

Los pequeños generadores sincrónicos empleados en las redes de generación distribuida están en muchos casos ideados para mantener una potencia y factor de potencia constantes, debido a esto, pueden ser modelados según sus potencias complejas inyectadas (PQ) [148], [154]. En los generadores de inducción la potencia reactiva varía con la tensión, por lo tanto la Q no es exactamente constante. Sin embargo, pueden ser tratadas según un modelo simplificado, como inyecciones de potencias activas y reactivas ya que las tensiones nodales son naturalmente cercanas a 1 p.u. en estado estacionario [148], [154].

Los puntos de generación conectados a la red y controlados por elementos como inversores tipo VSI pueden establecer un valor constante y controlado de inyección de potencia activa y reactiva a la red. A fin de procurar un despacho eficiente, el operador o regulador de la red puede enviar la consigna de potencia activa y reactiva a inyectar por cada generador, de manera de procurar una operación eficiente del sistema.

- Modelo PV de generadores

Generalmente, los generadores están conectados a la red a través de un inversor (VSI) y de un transformador equipado con cambiador de tomas. Es posible entonces procurar un valor específico en la magnitud de la tensión en el punto de conexión. Sin embargo, es importante destacar que en redes con baja relación “X/R” (típica de las redes de baja y media tensión), es difícil controlar la magnitud de la tensión más allá de cierto límite pues requiere la inyección de una considerable cantidad de potencia reactiva, sin considerar además posibles problemas de estabilidad derivados de una sobrecompensación.

### 1.5.3 Flujo de carga para redes malladas

Los primeros algoritmos de flujo de carga fueron ideados para las redes de transmisión [157] como el método de *Newton-Raphson* (NR) y el método de *Gauss-Seidel* (GS) con sus respectivas variaciones. Éstos conforman aquellos métodos que consideramos hoy en día como tradicionales o clásicos y pueden ser aplicados independientemente de la topología de la red (radial o mallada).

El *Newton-Raphson* es un método basado en un sólido fundamento matemático, como lo es la serie de *Taylor*, en el cual se aproxima a la solución a través de la pendiente bajo un proceso iterativo de linealizaciones. Este método requiere de un gran esfuerzo computacional debido a la necesidad de almacenar e invertir jacobianos. El método de GS presenta la ventaja de ser más sencillo y requerir menor esfuerzo computacional, ya que no requiere un intenso cómputo matricial, pero en contrapartida requiere un gran número de iteraciones necesarias para converger, convirtiéndolo en un método generalmente lento. En los años 80 se propone el método de la Zimplícita (Zimp) de *Gauss* [153], [154], [158], basado en una partición de la matriz de admitancia nodal y resulta una aplicación muy útil para los sistemas en baja tensión.

Referirse al Anexo A para una descripción más detallada de estos algoritmos clásicos y aplicables a topologías tanto malladas como radiales.

Cabe destacar que los métodos como el de *Gauss-Seidel* y la *Zimp* no presentan una demostración de convergencia tan sólida como la planteada en el método de *Newton-Raphson* que, aunado a un menor tiempo de convergencia y cantidad de iteraciones, lo convierte en el algoritmo clásico por excelencia. Los métodos de GS y *Zimp* tienen como característica fundamental su empirismo. Debido a que las ecuaciones de flujo de carga corresponden a sistemas de buen comportamiento, o

"nobles" en cuanto a su convergencia, los métodos empíricos proporcionan soluciones aceptables [159].

Según numerosos autores, al aplicar estas metodologías, nacidas bajo la visión de los sistemas de transmisión, en las redes de distribución eléctrica en baja y media tensión, éstos presentaron dificultades en convergencia o resultaban ineficientes en cuanto tiempo de convergencia. Debido a lo anterior, se presenta una discusión sobre la convergencia de estos métodos en la literatura, donde es importante destacar los siguientes aportes y consideraciones:

- Generalmente, la radialidad de las redes de distribución y su baja característica X/R, provocan que el NR no converja [160].
- Si el punto de partida es adecuado, se induce a pensar que el NR está condenado a converger a la solución deseada [136].
- El NR converge para casi todos los casos, excepto para las redes del tipo enfermas [141]. El autor se refiere por redes enfermas o *ill-conditioned* a aquellas que por características particulares (como ser radiales de gran longitud) puedan presentar una matriz de impedancias dispersa que dificulte realizar operaciones, como la inversión de la matriz, al ejecutar ciertos algoritmos de flujo de carga.
- Debido a la característica X/R de las redes de distribución los flujos de carga tradicionales pueden resultar inadecuados [143], [144].
- Las variaciones del NR tipo rápidos desacoplados son los más usados en los sistema de transmisión [136], [138], pero fallan para bajos X/R y líneas cortas [139]-[141].
- Debido a las características de las redes de distribución, el NR y el NR desacoplado (NRD) usualmente son lentos o no convergen [139].
- Hay casos específicos en los que los métodos tradicionales como el NR y el NRD tienen problemas de convergencia, los sistemas radiales típicamente usados en distribución son un conocido ejemplo de estos casos [145].
- El NR, GS y el NRD, pueden presentar dificultades ante casos con redes mal condicionadas y en aplicaciones especiales como las débilmente malladas [146].
- El NR y el NRD, han presentado problemas con las redes del tipo enfermas. Las redes de distribución, debido a su relación X/R y su característica radial, entran dentro de esta categoría. La experiencia con el NR fue insatisfactoria, ya que no convergió en la mayoría de los casos [151].

- Se han presentado casos radiales, donde NR presenta dificultades en alcanzar la solución [161].
- Métodos como el GS provenientes de transmisión son deficientes en economía computacional y robustez al aplicarlos en redes de distribución [149] debido a las características típicas de dichas redes, como son estructura radial, cargas desbalanceadas, gran número de ramas y nodos, y un amplio rango de resistencias y reactancias.

#### 1.5.4 Flujo de carga para redes radiales

Debido a los problemas presentados por los flujos de carga tradicionales al ser aplicados en las redes de distribución en baja tensión, se han creado algoritmos especialmente diseñados para estos casos [162]. Estos algoritmos están basados en la radialidad de las redes de distribución, mejorando así la tasa de convergencia de los flujos de carga. Según [153], se pueden clasificar los métodos en tres grandes grupos según el tipo de metodología:

- Métodos de evaluaciones secuenciales (barridos) *backward/forward* (FCBarr).
- Métodos rápidos desacoplados para redes de distribución (FCDe).
- Métodos de reducción de redes (FCRR).

Los algoritmos de flujo de carga del tipo FCBarr, han sido extensamente desarrollados y probados en [146], [151], [152], [163]-[165].

Una de las características particulares de las redes de distribución es su característica típicamente radial, la cual establece un camino único desde las cargas hasta la fuente. Esta característica es eficazmente explotada por este método, computando las tensiones y corrientes mediante evaluaciones secuenciales (barridos) de estos tramos.

Los métodos basados en las evaluaciones secuenciales son aplicables a redes radiales con una sola subestación [166]. Este algoritmo consiste de dos pasos. Un barrido hacia "atrás": desde las cargas a la fuente, y otro hacia "adelante": desde la fuente a las cargas [153].

Los métodos de flujo de carga FCDe han sido ampliamente desarrollados y probados en [142], [148], [159], [167], [168]. Los FCDe presentan un algoritmo híbrido, combinando un barrido hacia atrás, similar al expuesto en los FCBarr para evaluar las funciones de voltaje, corriente o potencia, con un algoritmo tipo *Newton-Raphson* Desacoplado para actualizar las variables calculadas [153].

Gracias a ciertas variaciones al NR clásico, esta aplicación permite explotar la característica radial de las redes de distribución, además de presentar un Jacobiano aproximado, con una estructura sumamente simple [153].

Los FCRR han sido ampliamente desarrollados y descritos en [146], [151], [154], [158]. En este método, cada elemento no lineal es reemplazado por una variable o parámetro lineal. Los métodos del tipo FCRR, explotan la característica radial de las redes de distribución para solucionar el modelo lineal “equivalente” [153]. El sistema resultante puede ser resuelto utilizando métodos estándar de cálculo circuital [13].

En las últimas décadas, reconocidos autores han desarrollado y puesto a prueba estos flujos de carga en un intento de mejorar sus tasas de convergencia, costo computacional, sencillez, etc., entre los cuales cabe destacar los siguientes:

- Shirmohamadi desarrolla un método de resolución basado en el planteamiento de la ley de corrientes de Kirchhoff [151]. Este método tiene una excelente convergencia y es muy robusto [169].
- Baran y Wu plantean un método donde calculan las tensiones nodales, usando un desajuste de potencia al final de los alimentadores y ramales [147].
- En [141], se propone un flujo de carga el cual comparte los criterios del FCBarra pero además utiliza una matriz de sensibilidad para compensar el desajuste entre la potencia inyectada por la barra *slack* y las demandadas por las cargas. Se toman las potencias activas y reactivas de la barra *slack* igual a la sumatoria de las potencias demandadas.
- En el FC propuesto por Luo y Semlyen en [146], se utilizaron flujos de potencia en las ramas en vez de las corrientes en los nodos. Cheng y Shirmohammadi plantearon extensiones de este método en [152], haciendo especial énfasis en cargas desbalanceadas y generación distribuida.
- Para explotar la topología radial, Teng y Hao [149] proponen un método desarrollando dos matrices: la *bus-injection to branch-current* y *branch-current to bus-voltage*.
- En el método propuesto por Jovanovic y Milicevic [144] se plantean ecuaciones triangulares de flujo de carga basadas en la característica en forma de “árbol” (por las ramificaciones de los alimentadores) de las redes de distribución.

- Baran y Wy en [147], presentan un método en el cual usan iterativamente tres ecuaciones fundamentales, representando la potencia activa, reactiva y el módulo de la tensión. En su método, los desajustes y los jacobianos se resuelven con simples expresiones algebraicas.
- En [150] se usa una ecuación bicuadrática, la cual relaciona, para cada rama, el módulo de la tensión del nodo de recibo con el del nodo de envío y el flujo de potencia en la rama.
- En [170] se propone un buen sistema de numeración de nodos que ayuda a evaluar las potencias activas y reactivas de las cargas exactas en cada nodo para mejorar el desajuste de convergencia por potencia.
- Utilizando los principios expuestos en [147] y en [166] se reduce la red a una sola línea equivalente a través de sólo tres ecuaciones.
- Los autores de [148] presentan un algoritmo para sistemas radiales desbalanceados el cual incluye líneas, interruptores, transformadores, generación, etc. Se reduce el número de ecuaciones al explotar la característica radial de la red.

### 1.5.5 Flujo de carga para redes débilmente malladas

Los algoritmos presentados para topologías radiales pueden ser extendidos para tratar redes débilmente malladas [146], [151]-[153] con muy pocas conexiones entre sí.

Es posible destacar el algoritmo *compensation-based method* [151] en el cual el sistema débilmente mallado es transformado en un sistema radial a través de una desconexión ficticia de todas las mallas, bajo la restricción que en cada punto de desconexión se tienen dos nodos en donde se debe cumplir que: a) las tensiones de los dos nodos son iguales y b) la corriente inyectada en uno de los nodos tiene sentido contrario a la inyectada en el nodo restante.

La aplicación de este tipo de algoritmos a redes fuertemente malladas resulta ineficiente ya que, según lo expuesto en la sección 7.4 de [153]:

*“(...) a medida que el número de mallas se incrementa, el trabajo asociado a la matriz de sensibilidad resulta laborioso y es más eficiente emplear metodologías que sean independientemente aplicables a la topología de la red, como los métodos tradicionales Newton-Raphson y/o la Zbus implícita de Gauss.”<sup>5</sup>*

---

<sup>5</sup> [57] Zimmerman R. D.; Comprehensive Distribution Power Flow: Modeling, Formulation, Solution Algorithms and Analysis; A Dissertation Presented to the Faculty of the Graduate School of Cornell University, January 1995.

### 1.5.6 Flujo de carga FCRB

Considerando las perspectivas que indican la tendencia hacia el diseño y operación de sistemas de distribución de energía eléctrica cada vez más malladas [14], [15], es necesario el desarrollo de metodologías apropiadas para el análisis de sistemas de baja y media tensión como las microrredes y las redes de distribución, considerando configuraciones no radiales, en los que las metodologías existentes, que en general explotan la radialidad de los sistemas, no funcionan o funcionan ineficientemente.

Considerando la necesidad de implementar algoritmos de flujo de carga especialmente diseñados para redes de baja tensión malladas y microrredes se presenta el flujo de carga FCRB [171], el cual es un método de cálculo de flujo de carga basado en la Zimplícita de *Gauss* [136], especialmente diseñado para redes eléctricas de baja tensión, y cuya eficiencia y precisión ha sido demostrada al utilizarlo tanto en redes malladas como radiales [171].

Referirse al Anexo A para más información y detalles sobre el planteamiento del método y sus variaciones.

El algoritmo de flujo de carga propuesto está basado en modelar las cargas como admitancias dependientes de la tensión. La modelación clásica de la carga usada por el algoritmo de la Zimp, como corriente dependiente de la tensión nodal, puede ser reemplazada por el modelo de una admitancia dependiente de la tensión.

$$y_{dem_i} = \frac{S_i^*}{|V_i|^2} \quad (12)$$

$y_{dem_i}$  Carga modelada como admitancia conectada al nodo “i”

$S_i$  Potencia aparente demandada en el nodo “i”

$|V_i|$  Magnitud de la tensión en el “nodo i”

Al modelar la carga como corriente queda definida como una variable del sistema, mientras que al simular la carga como una admitancia, ésta se modela como un parámetro del sistema (perteneciente a la matriz de admitancia nodal).

La parametrización de la carga tiene la ventaja de reducir considerablemente los problemas de cuasi-singularidad y permite ser una herramienta más eficaz para su aplicación en las redes llamadas *ill conditioned*. Sin embargo, presenta la desventaja de requerir un nivel mayor de cómputo cuando los flujos de carga dependen de la inversión de la matriz de admitancia nodal.

Otra diferencia entre el modelo de corriente y admitancia es que en el caso de la corriente, ésta depende del inverso del conjugado de la tensión (tanto en módulo como en ángulo), mientras que el modelo de la admitancia depende del inverso del cuadrado del módulo de la tensión. Se tiene entonces, que el modelo de la carga como corriente depende de dos variables de estado, mientras que el modelado como admitancia depende de una. Lo anterior aparenta ser una ventaja inmediata al modelado a través de admitancias, pero a pesar de que este modelo depende sólo de una variable de estado, ésta se encuentra elevada al cuadrado, lo que implica que los errores de inicialización de las variables también estarán elevados al cuadrado.

El algoritmo FCRB propuesto por el autor en [171], debido a su buen desempeño al aplicarlo a redes de baja y media tensión tanto radiales como malladas, por ser adecuado para redes de todo tipo, incluyendo las *ill-conditioned* o las de baja relación X/R donde el desacople de potencias no es posible, presenta las características necesarias para su aplicación en el diseño óptimo y análisis de microrredes y redes de distribución eléctrica en baja y media tensión en general, donde se podrían evaluar configuraciones óptimas que pudieran no ser radiales sino malladas y con presencia de generación distribuida.

Asimismo, en [171] se presenta una variación lineal aproximada y no iterativa del flujo de carga FCRBL, el cual permite obtener las soluciones en tiempos mínimos y con un porcentaje de error menor al 1%.

Esta formulación del problema del flujo de carga puede brindar grandes beneficios, sobre todo en aquellos estudios que requieran procesar el algoritmo de flujo de carga repetidas veces, como en la metodología propuesta en este trabajo, ya que se reducirían radicalmente los tiempos totales de ejecución. Dependiendo de las características del mercado de cada país, hay casos como el mercado eléctrico australiano, donde puede ser necesario determinar el punto de operación óptimo de la red pocos minutos antes de realizar el despacho.



A su vez, la utilización de la solución proporcionada por la metodología lineal, como vector de arranque para los flujos de carga iterativos, permite obtener una reducción importante en los tiempos de cálculo y el número de iteraciones necesarias.

Adicionalmente, en el trabajo presentado en [171] se presentan las siguientes conclusiones respecto a la evaluación de los algoritmos de flujo de carga en redes de baja y media tensión:

- Considerando la discusión de varios autores acerca de la convergencia del *Newton-Raphson* en los sistemas de baja tensión, se tiene que este método logró converger para una tolerancia de  $10^{-4}$  en todos los casos estudiados, tanto para los casos mallados como los radiales.
- En comparación con el modelado de la cargas como corrientes o como impedancias, se tiene que la modelación como corrientes generalmente implica menor tiempo y número de iteraciones necesarias para alcanzar la convergencia.
- Los flujos de carga basados en el método de la Zimp presentan los menores tiempos de convergencia en todos los casos, tanto mallados como radiales, seguido por el *Newton-Raphson* y finalmente por el *Gauss-Seidel*.

### 1.5.7 Flujo de carga en planificación y control de redes y microrredes

Tradicionalmente, el estudio de la planificación óptima de los sistemas eléctricos de baja y media tensión se plantea considerando las redes primarias y secundarias por separado.

Más recientemente, trabajos relacionados con la planificación óptima de redes indican la conveniencia del paradigma integral, en el que las redes primaria y secundaria son consideradas simultáneamente como una estructura única, en la cual el diseño óptimo cuyo no es, en general, el resultado de la combinación de redes primarias y secundarias optimizadas por separado, como se había venido haciendo tradicionalmente [46].

El enfoque de la red bajo el paradigma integral y el aumento en la generación distribuida (como por ejemplo las microrredes) sugiere la conveniencia económica del diseño y operación de sistemas de distribución de configuración no radial, tanto en el primario como en el secundario. Esto concuerda con el criterio de otros autores, quienes, por otros motivos, indican la tendencia hacia el diseño y operación de sistemas de distribución no radiales en el futuro cercano [14], [172].

Es necesario entonces el desarrollo de metodologías apropiadas para el análisis de redes con configuraciones no radiales, en los que las metodologías existentes para redes de distribución en baja tensión, que en general explotan la radialidad de los sistemas, no funcionan o funcionan ineficientemente.

En el método de planificación óptima de redes de baja y media tensión propuesto en el presente trabajo, el algoritmo de optimización incluye la realización de numerosos cálculos de flujo de carga en cada iteración.

El método de planificación propuesto debe ser capaz de evaluar todas las soluciones factibles en la búsqueda del óptimo, por lo tanto es de vital importancia utilizar un algoritmo de flujo de carga de buen desempeño al ser utilizado en redes diseñadas considerando el paradigma integral y cuya aplicabilidad sea independiente de la configuración radial o mallada de la red y de la relación X/R.

Por esta razón, en el presente trabajo la metodología de optimización ha sido desarrollada utilizando los algoritmos de flujo de carga de *Newton-Raphson* y el FCRB.

## 2 METODOLOGÍA PROPUESTA

### 2.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El problema de la planificación óptima de redes eléctricas, debido a sus características, se modela clásicamente como un problema del tipo no lineal, incluyendo en su formulación variables tanto enteras como continuas.

Los algoritmos basados en reglas heurísticas permiten el cálculo de soluciones a modelos no lineales, sin embargo, el elevado costo computacional y el hecho que para ciertos casos, la convergencia a las soluciones no dominadas de Pareto no está asegurada [1], [2], constituyen una limitante al utilizar este tipo de algoritmos, requiriendo inclusive la utilización de técnicas especiales que permitan evitar la convergencia a soluciones no eficientes.

Esto ha motivado el desarrollo de modelos basados en formulaciones linealizadas, utilizando para su resolución algoritmos determinísticos como el *Branch and Bound*, garantizándose así la convergencia a los mínimos o máximos globales del problema.

### 2.2 MÉTODO DE OPTIMIZACIÓN PROPUESTO

En el presente trabajo se presenta una nueva metodología PLMO 0-1 ENTERO MIXTO, orientada al cálculo del diseño óptimo de redes en baja y media tensión con presencia de generación distribuida y también utilizada como algoritmo de optimización para el control terciario de microrredes.

La metodología se plantea en función de la minimización de los costos por instalación de líneas y fuentes así como también los costos por pérdidas en conductores. La expresión de pérdidas por efecto Joule es linealizada, y el método propuesto incluye un técnica iterativa que permite corregir los errores provenientes de la linealización del modelo, permitiendo así evaluar las soluciones no dominadas del problema de planificación sin necesidad de resolver el modelo no lineal.

A fin de evitar la convergencia a mínimos locales y considerando que, si existe una solución para un problema de optimización lineal, el conjunto de restricciones del modelo forma un espacio convexo en el cual se encuentra la solución óptima [45], la metodología propuesta está basada en la linealización del modelo y la resolución del problema lineal utilizando el algoritmo de *Branch and Bound* [60].

La función de costo por pérdidas se linealiza mediante la utilización de la densidad económica de corriente (Jec) [63], y la metodología propuesta incluye una rutina de ajuste de la linealización basado en los valores de pérdidas de potencia, tomando como referencia para la corrección, las pérdidas de potencia activa calculadas usando rutinas de flujo de carga aplicadas a las redes resultantes del algoritmo de optimización. Esta corrección está basada en el trabajo desarrollado en 2003 por [64] adaptada para su aplicación en un planteamiento multiobjetivo.

El modelado multiobjetivo linealizado y corregido presentado en este trabajo está orientado a la obtención de las soluciones eficientes de Pareto, utilizando para ello los métodos de *weightening method* y el *e-constraint*, utilizando como algoritmo de resolución el *Branch and Bound* debido al adecuado desempeño reportado por la literatura al aplicarlo a modelos del tipo PLMO 0-1 ENTERO-MIXTO.

El método de optimización propuesto se utiliza también como algoritmo de optimización para el control terciario de microrredes, a fin de determinar el punto óptimo de operación de generadores y la configuración óptima de la red ante variaciones en la demanda o en la topología de la red (líneas activas), que también está sujeta a cambios debido a situaciones como mantenimiento de tramos, fallas, etc.

La convergencia del método de optimización propuesto está fundamentada y respaldada por la comprobada convergencia del algoritmo *Branch and Bound* para la resolución de modelos lineales de optimización, la convergencia a la solución matemáticamente probada de algoritmos de flujo de carga como el *Newton-Raphson* (completo y no desacoplado), y los adecuados resultados reportados al linealizar la expresión del costo por pérdidas utilizando la densidad de corriente. Al utilizar el método propuesto, las desviaciones introducidas en el proceso de linealización son corregidas permitiendo asegurar entonces (gracias a los algoritmos de optimización y flujo de carga) la convergencia a las soluciones eficientes de Pareto del modelo multiobjetivo no lineal.

## 2.3 OBJETIVOS

El objetivo principal de este trabajo es el presentar un nuevo método de resolución al problema multiobjetivo de optimización de redes de baja y media tensión considerando generación distribuida y cuya configuración óptima pudiera ser tanto radial como mallada, orientado a la búsqueda del conjunto de soluciones no dominadas o “Frente de Pareto”, en el cual se consideran como objetivos

la minimización de los costos por instalación de líneas y fuentes así como también los costos por pérdidas en los conductores.

En el método propuesto, la expresión del costo por pérdidas en conductores se linealiza en base al concepto de la densidad de corriente económica. Esta linealización se corrige mediante un proceso iterativo de cálculos de flujo de carga, para asegurar la convergencia a las soluciones no dominadas del problema no lineal original. El flujo de carga a utilizar debe presentar un desempeño adecuado para su utilización en redes que pudieran ser tanto radiales como fuertemente malladas, y aplicable independientemente de la relación X/R de la red, por lo que tampoco puede depender del desacople de las potencias activa y reactiva. En el método propuesto, además del *Newton-Raphson* clásico o completo, se utiliza un algoritmo de flujo de carga, propuesto por el autor, especialmente diseñado para redes con estas características FCRB.

En el presente trabajo, el método propuesto se aplica tanto al diseño óptimo de redes eléctricas en baja y media tensión como para el control terciario de redes de baja tensión con generación distribuida conectadas en microrredes, permitiendo definir entonces dos metodologías:

- **Metodología de diseño:** Planificación de la red óptima (generación y líneas) de distribución de energía eléctrica en baja y media tensión, calculada a partir de la optimización técnico-económica multiobjetivo.
- **Metodología de control:** Cálculo de los valores óptimos de potencia a inyectar por cada generador y la configuración óptima ante variaciones de la red, para su implementación en el lazo de control terciario de microrredes eléctricas.

## 2.4 MODELO

El modelo multiobjetivo utilizado se obtiene del modelo reportado en [63].

### 2.4.1 Parámetros y variables del modelo

El planteamiento se desarrolla considerando un tiempo horizonte de estudio de corto a mediano plazo en el cual se toman como conocidas las demandas y su ubicación geográfica.

Se establecen también los puntos donde evaluar la posible instalación de fuentes, con diferentes posibles capacidades de generación consideradas en cada posible punto de conexión.

Conjunto de nodos de demanda:

$$N_d = \{a_1, \dots, a_i, \dots, a_j, \dots, a_{nd}\} \quad (13)$$

Conjunto de nodos de alimentación:

$$N_a = \{a_{nd+1}, \dots, a_{nd+na}\} \quad (14)$$

Conjunto total de nodos:

$$NN = N_d \cup N_a \quad (15)$$

Conjunto de líneas posibles:

$$N_l = \{l_1, \dots, l_j, \dots, l_{nl}\} \quad (16)$$

Conjunto de calibres posibles:

$$N_c = \{c_1, \dots, c_{nc}\} \quad (17)$$

Conjunto de capacidades de generación posibles:

$$N_t = \{t_1, \dots, t_m\} \quad (18)$$

#### 2.4.2 Función Objetivo

La función objetivo está definida por la minimización de los costos fijos asociados a inversión en líneas y fuentes y los costos variables por pérdidas Joule en conductores (linealizados). La formulación objetivo es de naturaleza lineal y definida por variables del tipo entero-mixto:

$$\text{Min}(Z_1 + Z_2 + Z_3) \quad (19)$$

donde

$Z_1$  Costo de inversión por instalación de líneas.

$Z_2$  Costo de inversión por instalación de fuentes de generación.

$Z_3$  Costo asociado a pérdidas por efecto Joule en conductores.

**Costo fijo por inversión en líneas ( $Z_1$ ):** Definido por la sumatoria de los costos de inversión asociados a la instalación de la línea  $i$ , con el calibre  $j$ , en el sentido de potencia  $k$ , multiplicado por una variable de decisión binaria (0-1) que indica la existencia o no de la línea.

$$Z_1 = \sum_{i=1}^{nl} \sum_{j=1}^{nc} \sum_{k=1}^2 k_j l_i w_{i,j,k} \quad (20)$$

donde

$l_i$  Líneas posibles.

$k_j$  Costo de los calibres considerados.

$w_{i,j,k}$  Variable de decisión binaria sobre la instalación o no de la línea  $i$  con el calibre  $j$  en la dirección  $k$ .

**Costo fijo de inversión en fuentes ( $Z_2$ ):** Definido por la sumatoria de los costos de inversión asociados a la instalación de un punto de generación o subestación de capacidad  $p$ , en el nodo  $i$ , multiplicado por una variable de decisión binaria (0-1) que indica la existencia o no de una fuente.

$$Z_2 = \sum_{i=na+1}^{nd+na} \sum_{p=1}^{nt} kt_p y_{i,p} \quad (21)$$

Siendo,

$kt_p$  Costo de las capacidades de generación consideradas en el nodo  $p$

$y_{i,p}$  Variable de decisión binaria sobre la instalación o no de la unidad generadora con capacidad  $i$  en el nodo  $p$ .

**Costo por pérdidas en las líneas ( $Z_3$ ):** Definido por la sumatoria de los costos por pérdidas de potencia asociados a la instalación de la línea  $i$ , con el calibre  $j$ , en el sentido de potencia  $k$ .

La expresión resultante proviene de la linealización basada en la densidad de corriente económica [61], [63], donde los costos anualizados asociados a pérdidas de potencia en las líneas, para un costo de la energía  $C_e$ , llevado a valor presente a través de  $FV$ , calculado para el conductor calibre  $j$  y con un factor de pérdidas  $LF$  es presentada a continuación:

$$Z_3 = \sum_{i=1}^{nl} \sum_{j=1}^{nc} \sum_{k=1}^2 \frac{\sqrt{3} 8760 (C_e)(FV)(LF)(\rho_j)(Jec_j)(l_i)}{V_{nom}} S_{i,j,k} \quad (22)$$

$$FV = \left( 1 - \frac{1}{(i+1)^t} \right) \quad (23)$$

Siendo,

$\rho_j$  Resistividad del conductor con calibre  $j$

$C_e$  Costo de la energía

$S_{i,j,k}$  Potencia aparente a través de la línea  $i$  con calibre  $j$  en el sentido  $k$

$i$  Tasa de interés anual.

$t$  Tiempo de estudio

### 2.4.3 Restricciones

Las restricciones establecidas en el modelo para el proceso de optimización son las siguientes:

**Balance nodal:** Para cada nodo de demanda, todas las potencias entrantes menos todas las potencias salientes deben ser iguales a la potencia demandada en el nodo.

$$\sum_{k_{in}(a_i)} S_{i,j,k} - \sum_{k_{out}(a_i)} S_{i,j,k} = B(a_i) \quad (24)$$

**Selección de capacidades de generación:** Solo una de las capacidades disponibles puede ser seleccionada por nodo de alimentación.

$$\sum_{p=1}^{nt} y_{i,p} \leq 1 \quad (25)$$

**Restricción de fuentes y/o transformadores subcargados:** La sumatoria de las potencias de salida de un nodo de alimentación debe ser mayor que la potencia mínima especificada para cada capacidad de la fuente y/o del transformador a instalar.



$$\sum_{k_{out}(a_i)} S_{i,j,k} - \sum_{k_{in}(a_i)} S_{i,j,k} - S_{\min} \sum_{p=1}^{nt} y_{i,p} \geq 0 \quad (26)$$

**Restricción de fuentes y/o transformadores sobrecargados:** La sumatoria de las potencias de salida de un nodo de alimentación debe ser menor que la potencia máxima especificada para cada capacidad de la fuente y/o del transformador a instalar.

$$\sum_{k_{out}(a_i)} S_{i,j,k} - \sum_{k_{in}(a_i)} S_{i,j,k} - S_{\max} \sum_{p=1}^{nt} y_{i,p} \leq 0 \quad (27)$$

**Restricción del límite de potencia por las líneas:** La potencia que circula por cada línea debe ser menor al límite correspondiente al calibre de la línea.

$$S_{i,j,k} - S_{\max_j} w_{i,j,k} \leq 0 \quad (28)$$

**Restricción de doble sentido de flujo:** Se permite un solo sentido en el flujo de potencia por línea.

$$\sum_{k=1}^2 w_{i,j,k} \leq 1 \quad (29)$$

**Restricción de radialidad:** Para cada nodo de carga solo puede existir una línea de entrada de potencia. A diferencia de las otras restricciones que son obligatorias, ésta es una restricción opcional y activarla o no dependerá de la decisión del usuario en función a los criterios de diseño correspondientes.

$$\sum_{k_{in}(a_i)} w_{i,j,k} = 1 \quad (30)$$

#### 2.4.4 Algoritmo de optimización utilizado

El modelo planteado es del tipo lineal entero mixto, por lo que los algoritmos seleccionados para su resolución son el *Branch and Bound* para orientar la búsqueda de espacios de solución factibles de acuerdo a las variables binarias y en combinación con el método *SIMPLEX* para la resolución de la función continua resultante.

Si existe una solución para un problema de optimización lineal, el conjunto de restricciones del modelo forma un espacio convexo en el cual se encuentra la solución óptima [45]. De acuerdo al

teorema del punto extremo, en un problema del tipo lineal la solución óptima se hallará en los puntos extremos del área factible [108], ya que una función lineal definida sobre un segmento de línea finita asumirá su máximo y su mínimo en los puntos extremos del segmento de la línea.

El algoritmo del método *SIMPLEX* consiste entonces en un proceso sistemático y orientado que partiendo de una solución básica factible procura moverse hacia la siguiente adyacente. La búsqueda de nuevas soluciones está restringida a los extremos de la zona factible, disminuyendo así el número de soluciones y el algoritmo no se moverá a puntos que empeoren la función objetivo, por esta razón queda demostrada la convergencia del método en un número finito de soluciones.

#### 2.4.5 Resolución del modelo de optimización multiobjetivo

La evaluación de las soluciones no dominadas se realiza mediante la utilización de dos métodos, el de la asignación de pesos y el *e-constraint*.

##### 2.4.5.1 Método de asignación de pesos *weightening method*

De acuerdo a la formulación correspondiente al método de asignación de pesos *weightening method* [116], la función objetivo se plantea como la combinación lineal de los costos de inversión y los costos por pérdidas multiplicados por un valor escalar  $W_1$  y  $W_2$ , que toma valores entre 0 y 1:

$$\text{Min}\{W_1Z_1 + W_2Z_2 + W_3Z_3\} \quad (31)$$

$$W_1 + W_2 = 1 \quad (32)$$

Siendo  $W_1$  y  $W_2$  valores de importancia relativa o peso de un objetivo respecto al otro. Mientras la variable de peso, asignada a un objetivo específico, sea más cercana a 1 tendrá mayor influencia en el valor de la función objetivo, por lo cual la rutina de optimización orientará la búsqueda hacia soluciones que brinden los menores costos asociados al objetivo de mayor peso relativo.

De esta forma, para cada combinación de pesos, se obtiene una solución mínima global. Variando entonces los valores de pesos para un rango entre (0 y 1), se obtienen los valores no dominados del frente de Pareto.

#### 2.4.5.2 Método *e-constraint*

El método *e-constraint* [116] se utiliza con la finalidad de hallar, en caso de existir, las soluciones no dominadas no soportadas que el método de asignación de pesos pudiera no encontrar. Para ello la función de costos de instalación se establece como restricción, asignándole como valor máximo, los resultados obtenidos al aplicar el método de asignación de pesos, siendo entonces el único objetivo a minimizar el costo por pérdidas en las líneas.

Las soluciones tenderán a ser aquellas de máximo costo de instalación, por lo cual, en caso de existir, el algoritmo del *e-constraint* permitirá evaluar soluciones no calculadas anteriormente y ubicadas en el entorno de cada solución anteriormente obtenida con la asignación de pesos.

Se incluye entonces, en el conjunto de restricciones, la restricción de costo máximo de instalación, en el cual, el costo fijo por instalación de líneas y fuentes se acota a valores iguales o menores a los hallados por el método de asignación de pesos:

$$(Z_1 + Z_2) < \text{InstallationCost}(\text{weighting}) \quad (33)$$

La función objetivo resultante queda definida como la minimización de los costos asociados a pérdidas por efecto Joule en conductores:

$$\text{Min}\{Z_3\} \quad (34)$$

#### 2.4.6 Ajuste de la linealización

La función de costo por pérdidas en las líneas se linealiza mediante la utilización de la densidad de corriente económica [61]-[63]. La calidad de la solución dependerá de la correcta selección del valor de densidad de corriente *Jec* inicialmente asumido, por lo cual se incluye una rutina que permite ajustar dicho valor. Este procedimiento de corrección de la linealización está basado en lo reportado en [64] pero utilizado en una para el cálculo de las soluciones no dominadas en un modelo de planteamiento multiobjetivo.

En cada iteración se ejecuta un algoritmo de optimización y se calculan las líneas y potencias óptimas generadas de la red. Sin embargo, esta solución proviene de una linealización con una suposición inicial por lo que incluye un porcentaje de error.

Estos datos (la red solución del optimizador) son tomados por el algoritmo de flujo de carga el cual permite calcular las tensiones nodales y flujos de potencia que realmente tendría una red como la calculada por el optimizador.

Al utilizar un algoritmo de flujo de carga como el *Newton-Raphson*, la convergencia a la solución correcta está garantizada debido a su planteamiento matemático de aproximaciones mediante la pendiente [12]. Por lo tanto, el valor del flujo de potencias calculado por el flujo de carga permite obtener el valor real y por lo tanto usarlo como referencia para la corrección del valor de densidad de corriente inicialmente asumido.

Por otro lado, considerando que el algoritmo de cálculo utilizado para el optimizador (*Branch and Bound* con *SIMPLEX*) garantiza la convergencia a la solución en planteamientos lineales. El error en la solución es consecuencia únicamente del error en el valor de linealización asumido y que es corregido en cada iteración.

La formulación de las pérdidas de potencia usadas por el optimizador, linealizada y con errores debido al valor de densidad de corriente asumido, se actualizan de acuerdo al valor calculado por el flujo de carga.

$$CorrectionFactor = \frac{Ploss(lf)}{Ploss(opt)} \quad (35)$$

donde

$Ploss(lf)$       Pérdidas de potencia activa calculadas mediante el flujo de carga

$Ploss(opt)$       Pérdidas de potencia activa calculadas por el algoritmo de optimización

De acuerdo a la función de las pérdidas en las líneas establecida, al plantearlo en su forma linealizada, tiene una dependencia directa y lineal con el valor asumido de  $Jec$ . En consecuencia, la relación entre las pérdidas calculadas por el optimizador y por el flujo de carga se utiliza como el valor para actualizar proporcionalmente la densidad de corriente usada para la linealización y el optimizador.

$$Jec_{(new)} = Jec_{(old)} CorrectionFactor \quad (36)$$

donde

$Jec_{(new)}$  Valor actualizado para la iteración siguiente

$Jec_{(old)}$  Valor calculado en la iteración actual

Esta actualización se realiza para cada línea calculada en cada iteración del algoritmo.

El valor de la función que representa las pérdidas de potencia activa en las líneas, y que fue linealizada para el cálculo de optimización, se compara con el resultado del flujo de carga. La diferencia entre ellas servirá como criterio de convergencia  $MMatch$  para evaluar la corrección de la linealización.

$$MMatch = |\max(Ploss(lf) - Ploss(opt))| \quad (37)$$

La diferencia entre estos dos valores representa el criterio de aceptación para la corrección de la linealización, respecto a un nivel de tolerancia  $Tol$  definido.

$$MMatch < Tol \quad (38)$$

En cada iteración, la desviación respecto a la solución anterior puede llevar a dos escenarios:

- El error en la función linealizada de pérdidas es menor, por lo que se corrige para la nueva iteración del algoritmo de optimización. La solución nueva coincidirá entonces con la del flujo de carga, llegando entonces a la solución óptima y corregida.
- El error en la linealización es mayor, y al corregir el valor de  $Jec$  la nueva red calculada puede ser diferente a la anterior. En este caso el flujo de carga permitirá realizar la corrección sobre la nueva solución hasta reducir el error y alcanzar la solución óptima y corregida.

En conclusión, el valor de  $Jec$  actualizado se utiliza para ajustar la linealización de la función de costos por pérdidas del modelo en cada iteración y el procedimiento se repite hasta cumplir con el criterio de convergencia establecido para cada asignación de pesos.

En el presente trabajo, el principal algoritmo de flujo de carga utilizado es el *Newton-Raphson* clásico o completo [12] debido a su buen desempeño y su demostrada convergencia a la solución.

Igualmente se evaluó el método utilizando el algoritmo FCRB debido a su aplicabilidad especialmente orientada a redes de baja tensión con generación distribuida y en configuraciones tanto radiales como malladas (microrredes), sin depender de la relación X/R de la red y el desacople de potencias activa y reactiva.

## 2.5 PASOS DE LA METODOLOGÍA PROPUESTA

Se presenta una metodología de Programación Lineal Multiobjetivo PLMO 0-1 ENTERO MIXTO, basada en la minimización de los costos de instalación y pérdidas, en la cual se incluye una técnica iterativa que permite corregir los errores provenientes de la linealización al compararla con los valores obtenidos del flujo de carga en cada iteración.

De manera resumida, es posible describir el método propuesto a través de los siguientes pasos:

### 1. Asignación de pesos

De acuerdo a lo establecido por el método de asignación de pesos, se asignan los valores de peso relativo  $W_1$  y  $W_2$  a las funciones que representan el costo de instalación de líneas y fuentes y el costo por pérdidas en cables y conductores. Los valores asignados a las variables de peso deben ser tales que  $W_1 + W_2 = 1$ .

Se establece entonces una función compuesta por la combinación lineal de los objetivos multiplicados por sus respectivas variables de peso.

### 2. Linealización

Linealización de la función de costos por pérdidas mediante la asignación de densidades de corriente económica ( $Jec$ ) a cada línea.

De acuerdo a lo establecido en [63], la expresión de pérdidas por efecto Joule en líneas se linealiza asignando un valor de  $Jec$  a cada línea considerada en la evaluación del problema. El valor de  $Jec$  inicial puede ser aleatorio, valores típicos o máximos estandarizados (como por ejemplo en el real decreto 2223/2008), o valores obtenidos de una evaluación previa del problema de planificación.

### 3. Optimización

Minimización de la función de costos lineal resultante sujeta a las restricciones establecidas.

El modelo resultante del planteamiento de la asignación de pesos se evalúa mediante el algoritmo de *Branch and Bound* y el *SIMPLEX* para calcular la solución de mínimo costo.

La red calculada como solución del optimizador está definida por las líneas seleccionadas con sus respectivos calibres y las fuentes en los lugares seleccionados y con el flujo de potencia óptima calculada. Adicionalmente, se almacenan las pérdidas de potencia activa en las líneas calculadas.

#### 4. Flujo de carga

Tomando la red solución del optimizador, se ejecuta un estudio de flujo de carga para determinar las pérdidas de potencia activa reales en las líneas.

#### 5. Validación del resultado

Comparación entre potencias de pérdidas provenientes del proceso de optimización y las provenientes del flujo de carga.

La solución obtenida solo será almacenada si se considera que cumple con el criterio de aceptación establecido por la diferencia entre las pérdidas de potencia activa calculadas por el proceso de optimización y las calculadas por el flujo de carga. Si la diferencia máxima entre estas variables es menor a una tolerancia especificada, se considera que la solución obtenida es correcta y, por lo tanto, se almacena.

#### 6. Corrección o almacenamiento

6.1. En caso que la solución hallada no cumpla con el criterio de aceptación, la relación entre la pérdida de potencia calculada por el optimizador y la calculada por el flujo de carga se establece como el factor de corrección para ajustar la *Jec* de cada línea. Se repite entonces el proceso de linealización, tomando como *Jec* de la línea el valor anterior multiplicado por el factor de corrección.

6.2. En caso de cumplir con el criterio, se almacena la solución y se continúa al paso siguiente.

#### 7. e-constraint

De acuerdo a lo establecido para el método *e-constraint*, la función que representa el costo fijo de inversión se establece como una restricción del modelo, asignando como valor máximo el valor de costo fijo resultante del paso anterior.

Se establece entonces una función objetivo compuesta únicamente por los costos por pérdidas de potencia en las líneas.

8. Linealización – Optimización – Flujo de carga – Validación del resultado – Corrección o almacenamiento.
9. Volver al paso inicial hasta completar todo el rango de asignación de pesos establecido.

En la figura 12 se muestran los pasos generales de la metodología propuesta.



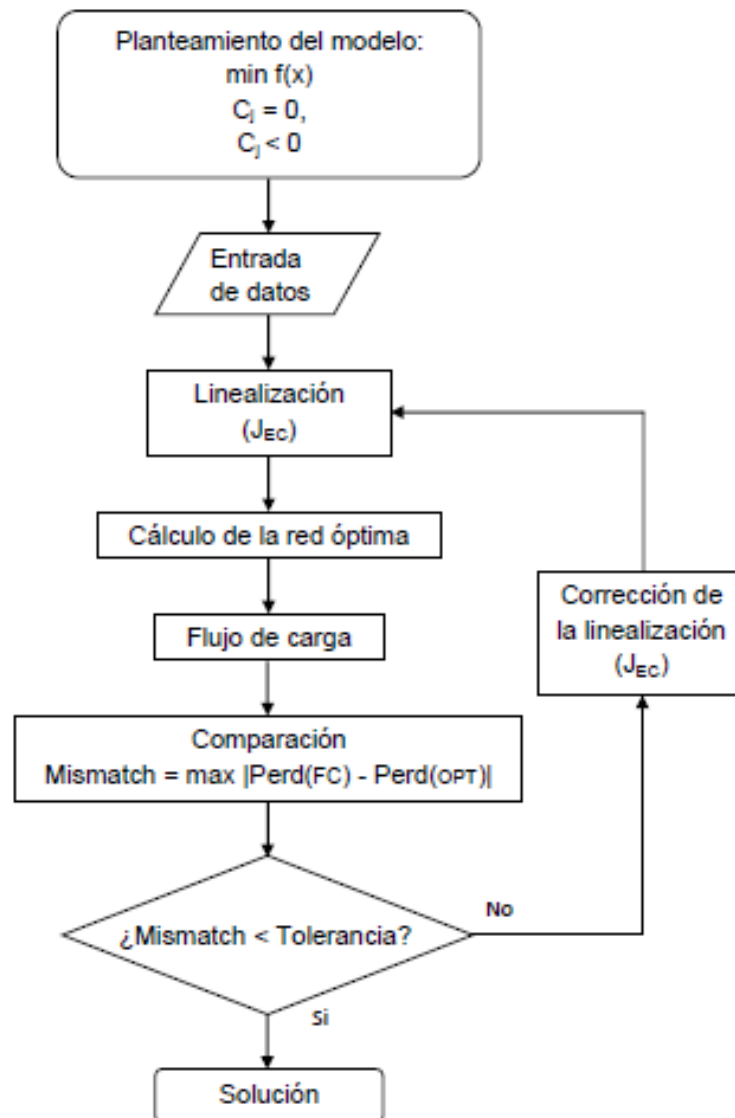


Figura 12. Diagrama de la metodología de diseño propuesta

## 2.6 MODELADO DE GENERACIÓN DISTRIBUIDA

Al considerar la instalación de más de una fuente de suministro en la red (generación distribuida) es de vital importancia definir el tipo de control que se ejercerá en cada uno de los puntos de conexión, pues será de gran influencia en la determinación de todas las variables del sistema.

Si la microrred opera conectada a la red, este punto de conexión sería el nodo *slack* y definirá la referencia angular del sistema. En caso de operar en forma de isla, el nodo *slack* será aquel con el generador que posea mayor capacidad de regulación de tensión, específicamente se seleccionará el generador de mayor capacidad. Los generadores no *slack* pueden ser modelados como nodos de potencia activa y reactiva definidas/controladas (PQ) o como nodos de potencia activa y tensión definidas/controladas (PV).

Como fue comentado anteriormente, debido a las características propias de las redes de baja y media tensión (como la relación X/R de las líneas), no es posible desacoplar las potencias por lo que generalmente un generador necesitaría una gran disponibilidad de potencia reactiva para controlar la tensión en el punto de conexión.

Los pequeños generadores sincrónicos empleados en las redes de generación distribuida están en muchos casos ideados para mantener una potencia y factor de potencia constantes, debido a esto, pueden ser modelados según sus potencias complejas inyectadas (PQ) [148], [154]. En los generadores de inducción la potencia reactiva varía con la tensión, por lo tanto la Q no es exactamente constante. Sin embargo, pueden ser tratadas según un modelo simplificado, como inyecciones de potencias activas y reactivas ya que las tensiones nodales son cercanas a 1 p.u. en estado estacionario [148], [154]. Igualmente los puntos de generación a red controlados por elementos como inversores tipo VSI, puede establecer un valor constante y controlado de inyección de potencia activa y reactiva a la red.

En consecuencia, la metodología propuesta se utiliza para la resolución de modelos con generadores modelados como nodos tipo PQ, y también se evalúa el desempeño del método al utilizar nodos de generación (no *slack*) con tensión controlada tipo PV. En las figuras 13 y 14 se muestran las dos variaciones del método en función del tipo de control a ejercer en el nodo.

### 2.6.1 Control de potencia reactiva

Al ser modelados como nodos PQ, la potencia aparente óptima calculada permite definir la magnitud de las potencias activa y reactiva en función de un factor de potencia especificado. Adicionalmente, se recomienda utilizar el lazo de verificación del nivel de tensión mostrado en la figura 13, pues de existir un requisito de tensión, se puede ajustar el factor de potencia a un valor que permita establecer la tensión a un valor dentro del rango tolerable.

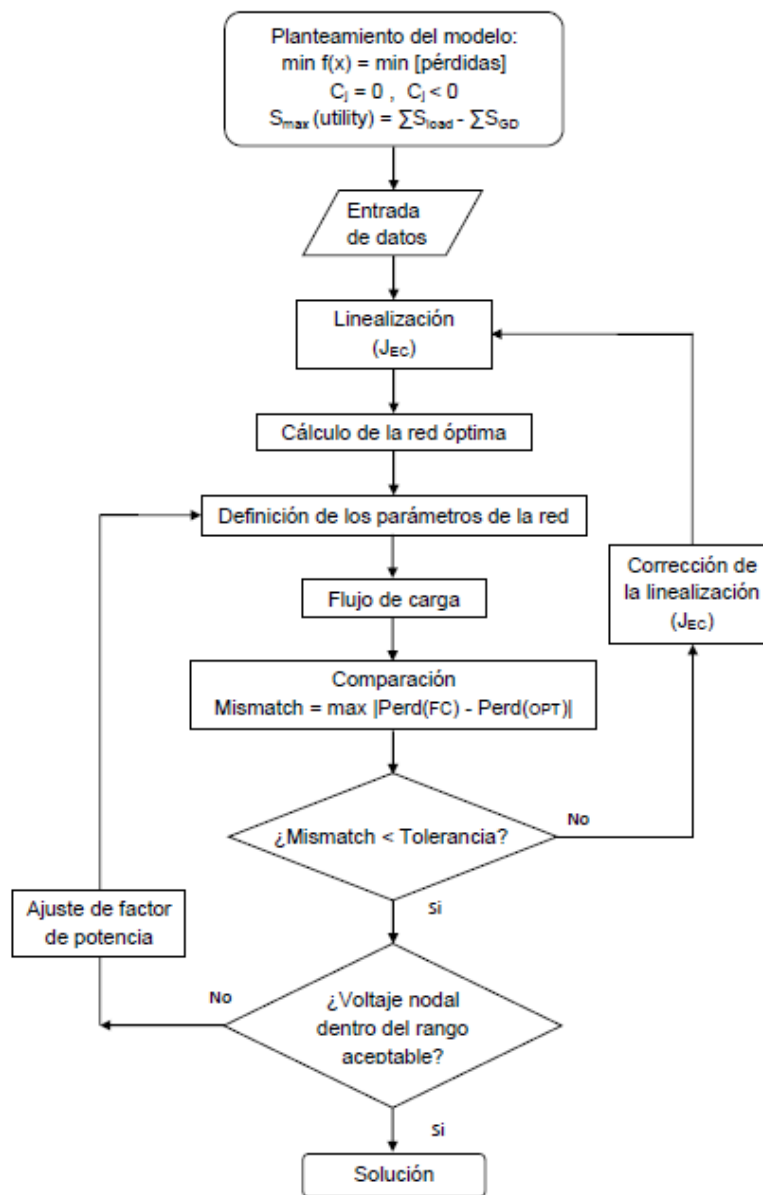


Figura 13. Diagrama de la metodología de control – Control de potencia reactiva

### 2.6.2 Control de tensión

Al modelar las fuentes como nodos PV, la potencia aparente óptima calculada permite definir la magnitud de la potencia activa a inyectar (por ejemplo según el factor de potencia nominal de la fuente) y la potencia reactiva disponible permitiría la regulación de la tensión en el punto de conexión. Adicionalmente, de existir un requisito de potencia reactiva, se recomienda utilizar el lazo de verificación del factor de potencia mostrado en la figura 14.

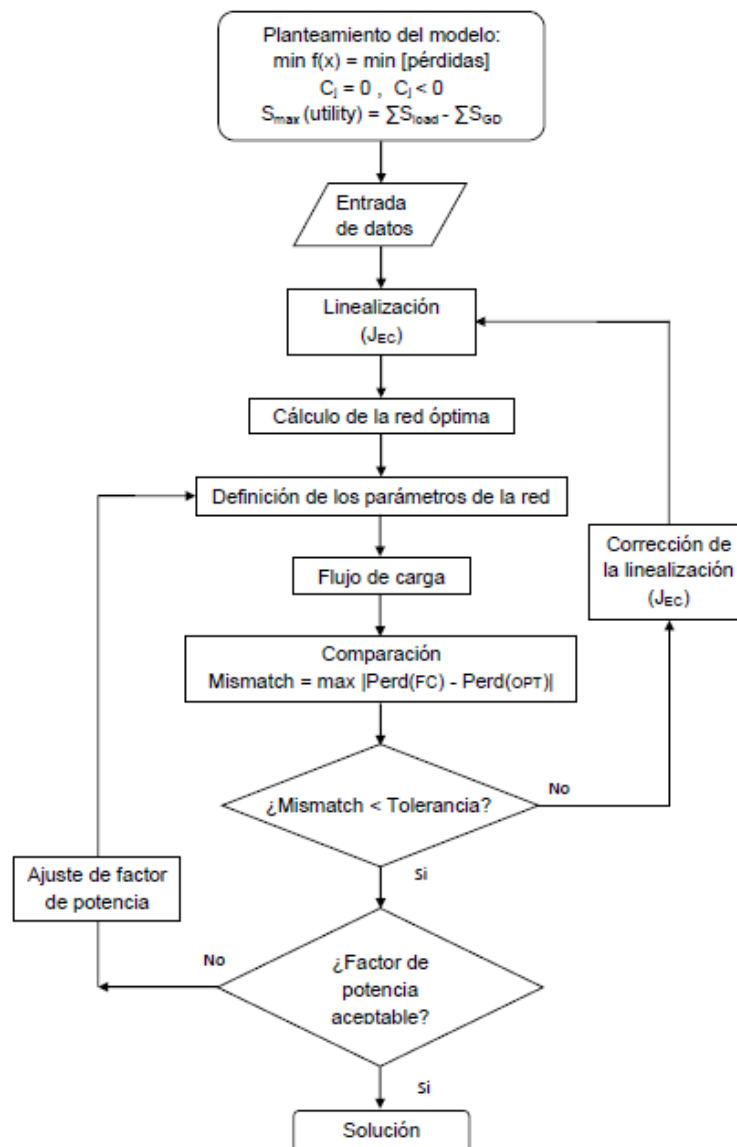


Figura 14. Diagrama de la metodología de control – Control de tensión

## 2.7 ADAPTACIÓN PARA CONTROL TERCIARIO DE MICRORREDES

Una vez definido el diseño óptimo de la red a instalar, es necesario implementar un algoritmo de optimización que permita definir el punto de operación óptimo de los generadores y la configuración adecuada, calculados en función de los cambios que ocurren en la red, tanto en las demandas como en la topología (como líneas que puedan salir de servicio debido a fallas o mantenimiento).

Este tipo de control requiere un sistema de adquisición de datos, comunicación y control que permita recibir la información de la red, realizar los cálculos de optimización propuestos y finalmente enviar la referencia a los VSI para fijar el punto de operación de los generadores y, de ser necesario, enviar las señales para la apertura y cierre de los interruptores de las líneas. Por esta razón, el método es únicamente aplicable en redes inteligentes (tipo *smartgrids* o microrredes).

Tomando el modelo matemático propuesto y el algoritmo de resolución mediante linealizaciones sucesivas presentado, se desarrolla una adaptación de manera de poder utilizar el método para ejercer el control terciario de redes eléctricas.

En la etapa de control, la red se considera existente e instalada por lo que el costo de instalación en líneas y generadores es cero. El objetivo del modelo de optimización usado queda definido entonces por la minimización de pérdidas de potencia activas de las líneas. El modelo se linealiza y se resuelve de acuerdo al algoritmo propuesto en el presente trabajo.



### 3 CASOS DE ESTUDIO Y RESULTADOS

A fin de poder evaluar su desempeño, la metodología propuesta en el presente trabajo se utiliza para calcular las soluciones óptimas de diseño y control de los casos de redes eléctricas presentados a continuación.

Los casos de estudio fueron seleccionados de manera de poder evaluar la metodología aplicada tanto para la reconfiguración o ampliación de redes existentes y el diseño de redes nuevas, como también para su aplicación como lazo terciario de control, mediante el cálculo del punto de operación de los generadores y la topología de la red que permita minimizar los costos por pérdidas en los conductores.

#### 3.1 REDES DE PRUEBA

##### 3.1.1 Sistema 1

Planteamiento de una red clásica de baja tensión sujeta a evaluación para su reconfiguración debido a un incremento en la demanda. El esquema clásico establece que la red se alimenta desde un único nodo de conexión con la red de transmisión (subestación).

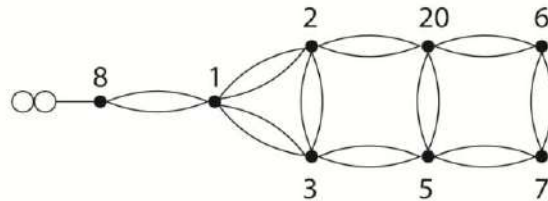
El caso de prueba Sistema1 está conformado por siete nodos de carga y uno de alimentación, incluye en su planteamiento dos calibres posibles por línea a instalar así como también líneas ya existentes con calibres previamente definidos, para un total de 17 rutas consideradas en la evaluación. El nodo fuente es existente por lo que su costo y capacidad nominal son conocidos. Referirse al Anexo C para los datos del caso de estudio.

La tensión nominal del sistema es de 10 kV, se consideró un tiempo de estudio de 10 años y una tasa de crecimiento de capital del 10%.

El caso de estudio se utiliza para calcular la familia de soluciones no dominadas del sistema y verificar el desempeño del algoritmo de cálculo multiobjetivo basado en linealizaciones corregidas de las pérdidas de potencia.

El algoritmo propuesto se compara con la solución calculada sin corrección de la linealización y con los resultados obtenidos de resolver el modelo no lineal original.

A continuación, en la figura 15, se presenta el diagrama unifilar de la red Sistema1 con las rutas posibles para las líneas consideradas.



**Figura 15. Diagrama del Sistema 1 con todas las rutas existentes y posibles**

Referirse al Anexo C para los parámetros de la red y del modelo.

### 3.1.2 Sistema 2

El Sistema 2 es un caso obtenido de [1], [62], [63], [115], [173], el cual está conformado por 200 nodos de carga y un nodo de alimentación. Son evaluados tres posibles calibres de conductores e incluye líneas ya existentes, para un total de 359 rutas consideradas en la evaluación. El nodo fuente original es existente por lo que su costo y capacidad nominal son conocidos.

Referirse al Anexo C para los datos del caso de estudio.

La tensión nominal del sistema es de 10 kV, se consideró un tiempo de estudio de 10 años y una tasa de crecimiento de capital del 10%.

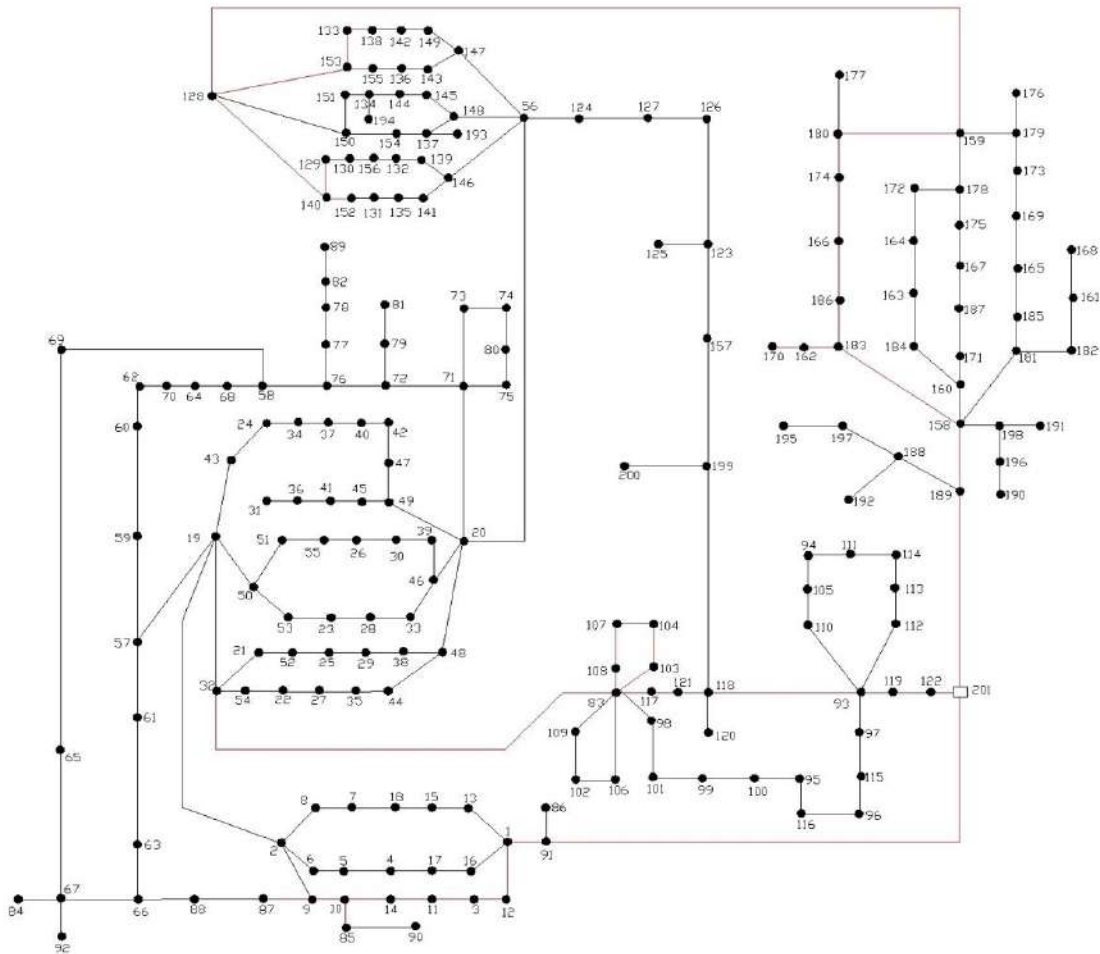
El caso de estudio se utiliza para calcular la familia de soluciones no dominadas del sistema y verificar el desempeño del algoritmo de cálculo multiobjetivo basado en linealizaciones corregidas sucesivamente.

El algoritmo propuesto se compara con la solución calculada sin corrección de la linealización y con los resultados presentados para esta red en [1], [62], [63], [173], usando planteamientos tanto linealizados como no lineales.

El sistema original, por ser una red clásica de baja tensión, se encuentra alimentado desde un solo punto (subestación). Luego, se plantea una segunda etapa de expansión en la cual se evalúa la ubicación óptima de fuentes adicionales de generación distribuida en la red.



A continuación, en la figura 16 se presenta el diagrama unifilar de la red Sistema 2 con las rutas consideradas en el estudio.



**Figura 16. Diagrama del Sistema 2 con todas las rutas existentes y posibles**

Referirse al Anexo C para los parámetros de la red y del modelo.

### 3.1.3 Sistema 3

Se presenta una microrred cuya relación entre la energía generada y consumida se selecciona de manera de poder visualizar el desempeño del método tanto para el diseño de la red como para su control. La red se desarrolla como una ampliación de la red presentada como Sistema 1, y donde se incluye una fuente adicional (en el nodo 9) con dos posibles vías de interconexión.

Se evalúan tres posibles calibres de conductores para un total de 21 rutas consideradas en la evaluación.

Referirse al Anexo C para los datos del caso de estudio.

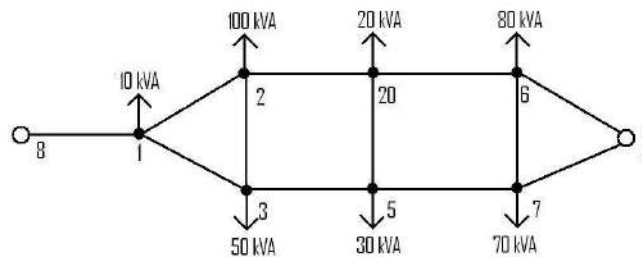
La tensión nominal del sistema es de 10 kV, se consideró un tiempo de estudio de 10 años y una tasa de crecimiento de capital del 10%.

En primera instancia, el caso de estudio se utiliza para calcular la familia de soluciones no dominadas del sistema considerando el control de las fuentes como nodos de factor de potencia controlada (PQ) y luego también como nodos de tensión controlada (PV).

Finalmente se utiliza la microrred simulada para verificar el desempeño del algoritmo de control terciario propuesto.

A fin de evaluar el comportamiento del algoritmo como metodología de diseño y control y su capacidad de determinar la solución adecuada ante estas variaciones, se simularon diversos escenarios representando variaciones en la demanda y en la red eléctrica.

A continuación, en la figura 17 se presenta el diagrama unifilar de la red Sistema 3 con las rutas consideradas en el estudio. Referirse al Anexo C para los parámetros de la red y del modelo.



**Figura 17. Diagrama del Sistema 3 con todas las rutas existentes y posibles**

## 3.2 RESULTADOS

La resolución del planteamiento entero-mixto del problema propuesto se lleva a cabo mediante la utilización del programa de optimización LINDO 5.3. El algoritmo utilizado por dicho programa es el *SIMPLEX* y el *Branch and Bound* para evaluaciones mixtas lineales. La simulación del modelo matemático y la ejecución de los algoritmos de cálculo fueron realizados utilizando MATLAB V.2012a.

### 3.2.1 Sistema 1

A continuación, se presentan las soluciones obtenidas al evaluar el Sistema 1. Para su obtención se utilizó el método de la asignación de pesos y el *e-constraint*, para 99 diferentes asignaciones de pesos entre 0 y 1.

#### 3.2.1.1 Resultados obtenidos

En primer lugar, en la figura 18 se presentan las soluciones al problema de planificación del Sistema 1 calculadas utilizando la metodología propuesta.

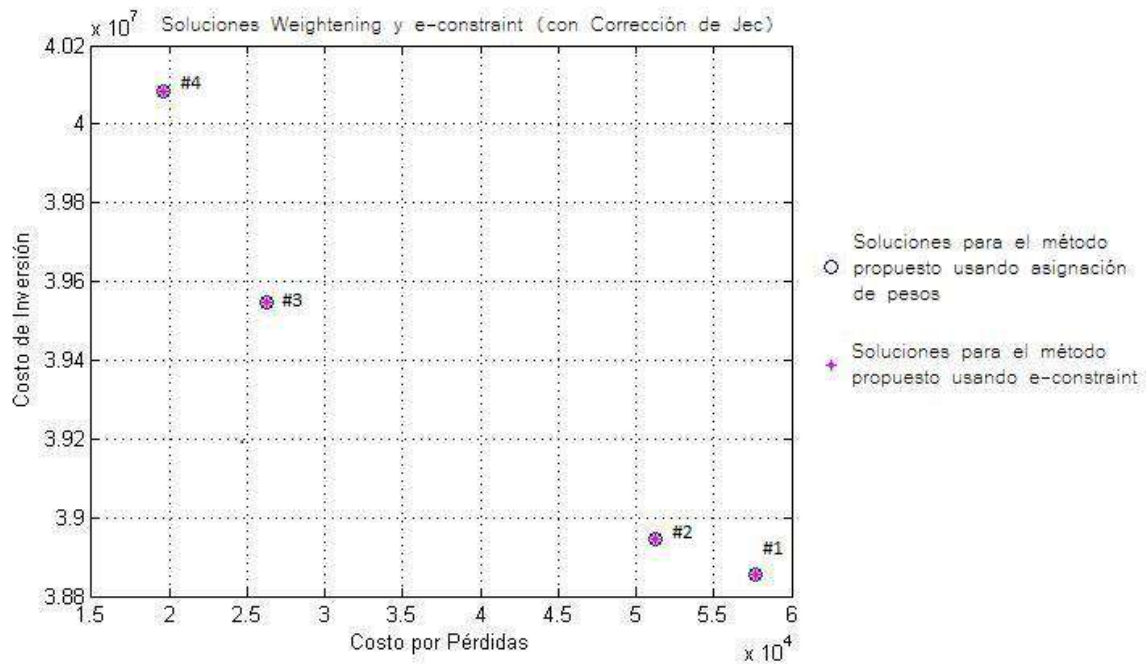
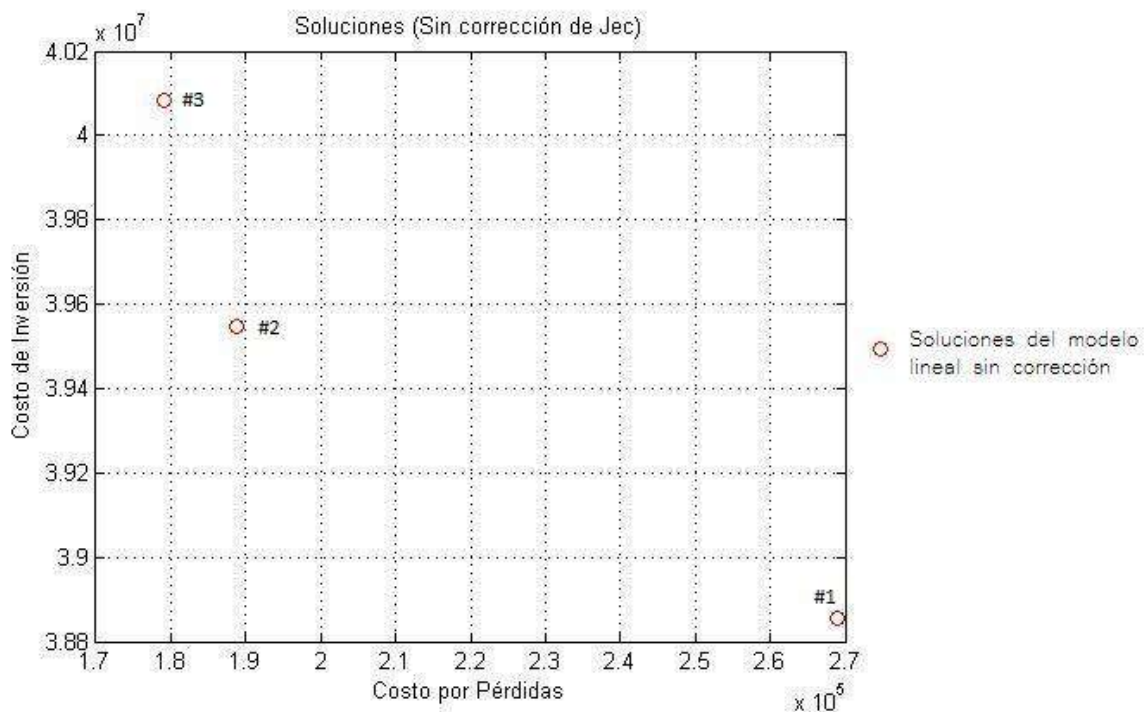


Figura 18. Soluciones obtenidas para el Sistema 1 con corrección de Jec.

Las soluciones no dominadas obtenidas al utilizar el método de *e-constraint* coinciden con las soluciones halladas al utilizar el método de asignación de pesos.

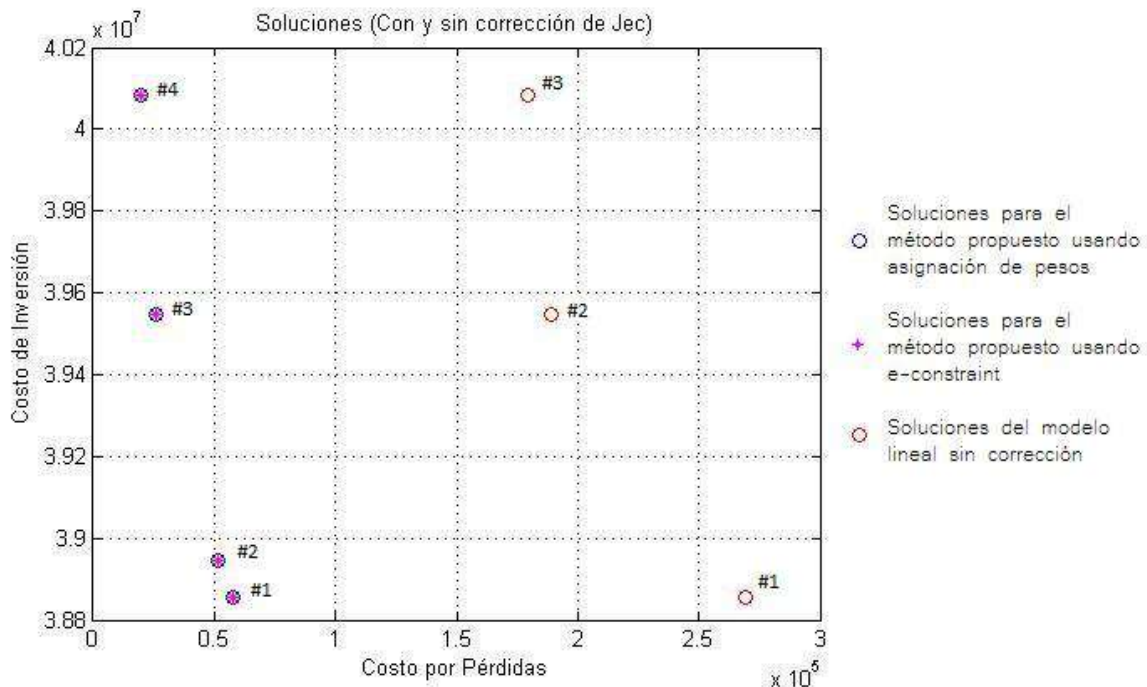
De evaluar las soluciones obtenidas con respecto a los valores de peso asignados para cada uno, es posible observar el comportamiento esperado al aplicar la metodología de asignación de pesos, en el cual la solución global es favorecida en los objetivos de pesos relativos mayores. En este caso al asignar mayor peso al objetivo de costos fijos, la solución tiende a favorecer este criterio, evaluando soluciones de menor costo de instalación, buscando los menores calibres posibles e incrementando con ello los costos por pérdidas Joule para las soluciones calculadas.

La figura 19 muestra las soluciones al problema de planificación del Sistema 1 calculadas para el modelo lineal sin corrección de la linealización.



**Figura 19. Soluciones obtenidas para el Sistema 1 sin corrección de Jec.**

La figura 20 muestra juntas las soluciones al problema de planificación del Sistema 1 aplicando la metodología propuesta y las calculadas para el modelo lineal sin corrección de la linealización.



**Figura 20. Soluciones obtenidas para el Sistema 1 con y sin corrección de *Jec***

Las redes obtenidas con corrección de *Jec* #1,3 y 4 son iguales a las obtenidas para el caso sin corrección. Sin embargo, al observar los resultados obtenidos resulta evidente la diferencia entre los costos asociados a pérdidas Joule, obtenidos al incluir la corrección de la densidad de corriente económica, con respecto a los resultados hallados sin dicha corrección.

Al aplicar el modelo propuesto, es posible hallar soluciones no dominadas que pudieran no aparecer de utilizar modelos multiobjetivo sin corrección de la linealización. En este caso, la Solución #2 reportada al aplicar el método propuesto, no es hallada por el método sin corrección de *Jec*. Esto lleva a concluir que la obtención de las soluciones eficientes en un modelo multiobjetivo, es altamente susceptible a errores en la linealización, que pueden alejar al algoritmo del entorno real de soluciones, llegando inclusive a omitir soluciones no dominadas existentes.

A continuación se presentan las cuatro soluciones obtenidas para el problema de planificación del Sistema 1 utilizando la metodología propuesta. Se presentan las rutas, los calibres seleccionados, la magnitud y sentido del flujo de potencia por las líneas, la *Jec* y las pérdidas calculadas en las líneas. Las tablas 1 a 4 y las figuras 21 a 24 muestran estos resultados.

Solución 1					
NodOrigen	NodDestino	Potencia (kVA)	Pérdidas (kW)	Calibre	Jec
2	20	250	0,023641455	1	0,123804087
5	3	50	0,000514657	1	0,024761469
20	6	80	0,003787769	1	0,039617197
5	7	70	0,000378267	1	0,034665519
20	5	150	0,005744772	2	0,029482186
1	2	350	0,129229075	1	0,17331113
8	1	360	0,03970287	3	0,035374171

Tabla 1. Solución #1 para el Sistema 1

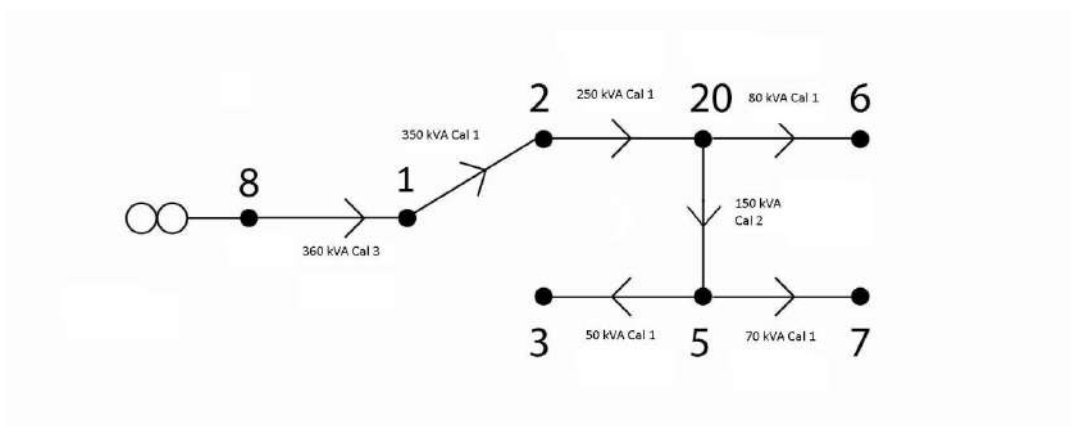


Figura 21. Solución #1 para el Sistema 1

Solución 2					
NodOrigen	NodDestino	Potencia (kVA)	Pérdidas (kW)	Calibre	Jec
2	20	250	0,095479301	1	0,5
5	3	50	0,002057178	1	0,098976035
5	7	150	0,001735771	1	0,074233159
7	6	80	0,003209371	1	0,03959255
20	5	230	0,001173631	2	0,003928095
1	2	350	0,036894805	1	0,049480199
8	1	360	0,039677419	3	0,035351495

Tabla 2. Solución #2 para el Sistema 1

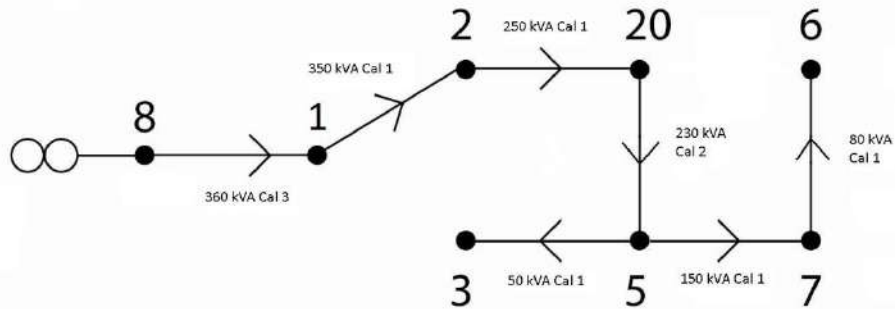


Figura 22. Solución #2 para el Sistema 1

Solución 3					
NodOrigen	NodDestino	Potencia (kVA)	Pérdidas (kW)	Calibre	Jec
1	3	250	0,028928278	1	0,123716659
3	5	200	0,008228713	1	0,098976035
5	7	150	0,001735771	1	0,074233159
7	6	80	0,003209371	1	0,03959255
5	20	20	0,000102055	2	0,003928095
1	2	100	0,010541373	1	0,049480199
8	1	360	0,039677419	3	0,035351495

Tabla 3. Solución #3 para el Sistema 1

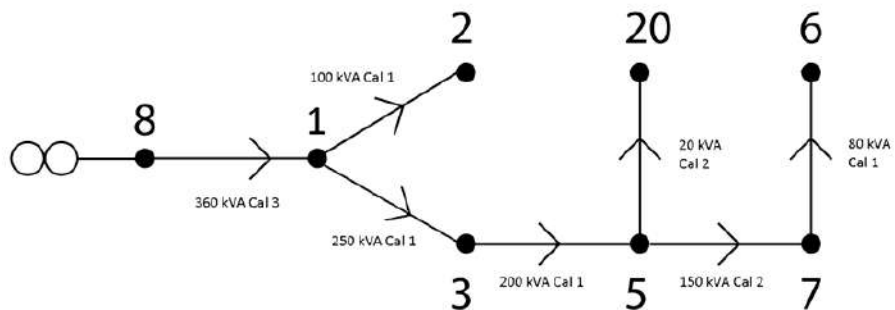


Figura 23. Solución #3 para el Sistema 1

Solución 4					
NodOrigen	NodDestino	Potencia (Kva)	Pérdidas (Kw)	Calibre	Jec
1	3	250	0,01147949	2	0,049093974
3	5	200	0,003265333	2	0,039275855
5	7	150	0,000688792	2	0,029457335
7	6	80	0,003208835	1	0,039585937
5	20	20	0,000102039	2	0,00392748
1	2	100	0,010541373	1	0,049480199
8	1	360	0,039673164	3	0,035347704

Tabla 4. Solución #4 para el Sistema 1

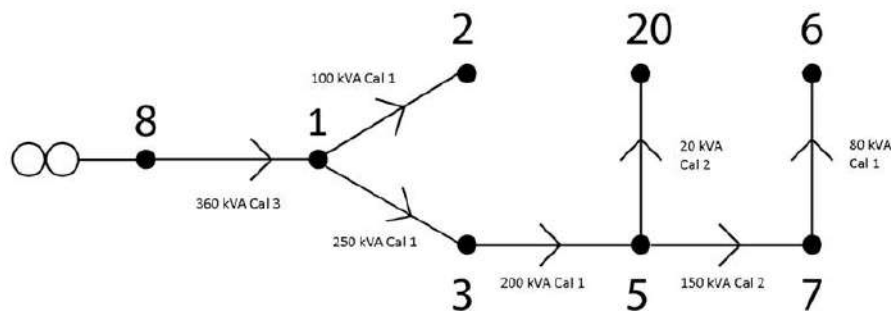


Figura 24. Solución #4 para el Sistema 1

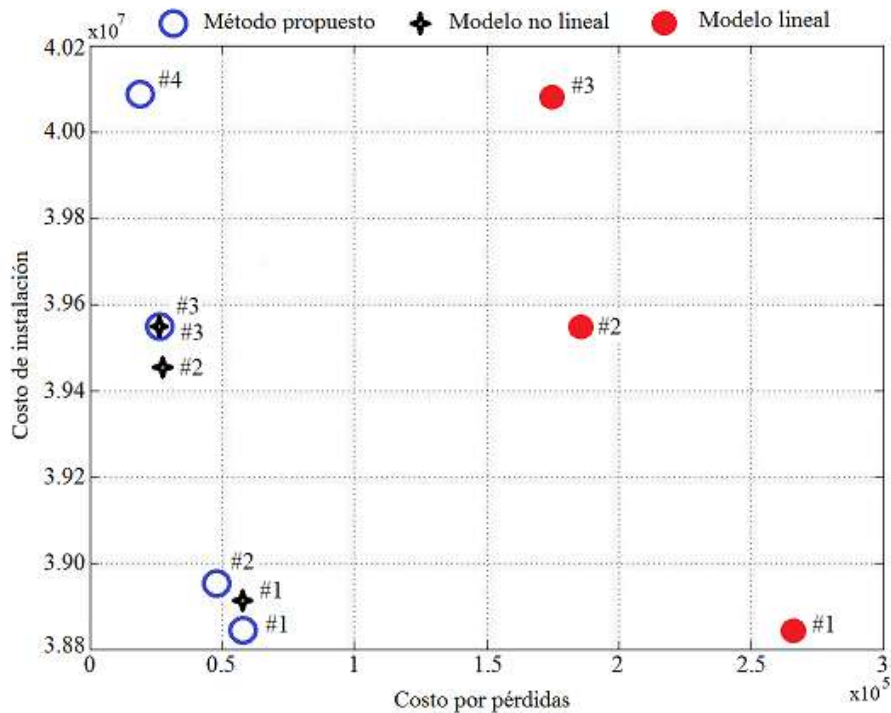
### 3.2.1.2 Comparación con el modelo no lineal

A fin de evaluar la calidad de las soluciones obtenidas, resulta necesario compararlas respecto a las soluciones provenientes del modelo no lineal del problema. Es por esto que a continuación se presentan, junto a las soluciones halladas para el modelo linealizado, las soluciones obtenidas al evaluar el modelo no lineal.

Estas soluciones fueron calculadas utilizando el programa de optimización LINGO 8.0, en el cual la solución se calcula utilizando un algoritmo de ramificación y acotamiento, para la resolución de problemas no lineales entero-mixtos.



La figura 25 muestra las las soluciones al problema de planificación del Sistema 1 aplicando la metodología propuesta, las calculadas para el modelo lineal sin corrección de *Jec* y las obtenidas para el modelo no lineal.



**Figura 25. Soluciones obtenidas usando modelación lineal y no lineal.**

Al observar los resultados obtenidos para la modelación no lineal, pueden evidenciarse que las soluciones calculadas con el método propuesto, usando linealizaciones corregidas, comparten el mismo entorno de solución, a diferencia de los resultados obtenidos sin corrección de la linealización.

Las redes obtenidas como solución #3 no lineal, #3 lineal con corrección y #2 lineal sin corrección son las mismas, por lo que sus costos fijos son iguales. Sin embargo, los costos por pérdidas entre la solución no lineal y la lineal con corrección son iguales mientras que el calculado sin corrección de la linealización es mayor.

La solución #2 no lineal es una solución no dominada ubicada en el mismo entorno de las soluciones no dominadas (Pareto) calculadas utilizando el método planteado. Al aumentar la cantidad de combinaciones de pesos evaluados es posible encontrar soluciones intermedias como

ésta, que de otra manera podría quedar ocultas, teniendo en mente el incremento en el costo computacional que esto implica.

La tabla 5 muestra las soluciones calculadas para el Sistema 1 utilizando el modelo linealizado (con y sin corrección) y el modelo no lineal del problema.

<b>Soluciones del caso de prueba Sistema 1</b>							
<b>Solución</b>	<b>COSTO FijoTotal (\$)</b>	<b>COSTO PerdTotal (\$)</b>	<b>COSTO Total (\$)</b>	<b>W1</b>	<b>W2</b>	<b>Tiempo (s)</b>	<b>Iteraciones</b>
<b>Soluciones calculadas utilizando la metodología propuesta</b>							
Solución 1	38855211	57692,97	38912904	0,99 - 0,11	0,01 - 0,89	1,61	165
Solución 2	38944729	51221,26	38995950,3	0,1 - 0,04	0,9 - 0,96	1,74	131
Solución 3	39547635	26266,92	39573901,9	0,03 - 0,02	0,97 - 0,98	1,55	144
Solución 4	40085005	19598,39	40104603,4	0,01	0,99	1,63	142
<b>Soluciones al modelo linealizado sin corrección de Jec</b>							
Solución 1	38855211	269029,547	39124240,5	0,99 - 0,11	0,01 - 0,89	0,85	84
Solución 2	39547635	188804,323	39736439,3	0,10 - 0,02	0,90 - 0,98	0,91	77
Solución 3	40085005	179131,517	40264136,5	0,01	0,99	0,81	61
<b>Soluciones al modelo no lineal</b>							
Solución 1	38910801	57560	38968361	0,5	0,5	1,00	412
Solución 2	39458117	26727	39484844	0,05	0,95	5,00	1844
Solución 3	39547635	26253	39573888	0,01	0,99	4,00	1690

**Tabla 5. Soluciones del Sistema 1**

La solución #1 no lineal es una solución ubicada en el entorno cercano al de las soluciones no dominadas calculadas utilizando el método propuesto, aunque ligeramente desplazada hacia la región de las soluciones dominadas del problema. Al comparar esta solución con la solución #1 lineal con corrección, se puede observar que los costos por pérdidas son similares, pero los costos fijos hallados para el modelo no lineal son mayores a los reportados para la solución linealizada, por lo que no es una solución óptima. La obtención de este resultado no eficiente o dominado, al usar el modelo directamente no lineal, es ocasionado debido a la posibilidad de convergencia a mínimos

locales siempre presente al utilizar modelaciones del tipo no lineal y que justamente el algoritmo propuesto procura evitar mediante el planteamiento linealizado.

La solución #2 calculada con el método propuesto no se halló al usar el modelo linealizado. Esto indicaría que el error introducido en la linealización, si no se corrige, puede ocasionar tanto una desviación en las soluciones obtenidas, como también que no se logren hallar algunas soluciones factibles.

De estas soluciones es posible concluir que la metodología utilizada para la corrección de la linealización, permite calcular las soluciones del problema de planificación sin necesidad de resolver el modelo no lineal, evitando así la posible convergencia a soluciones no eficientes.

### 3.2.1.3 Influencia del error en la linealización

Finalmente se presentan un conjunto de soluciones calculadas sin corrección de la linealización y con porcentajes de error conocidos en la *Jec* introducida (-20%, -10%, -5%, +5%, +10%, y +20%) junto a las soluciones no dominadas calculadas utilizando el método propuesto; véase la figura 26.

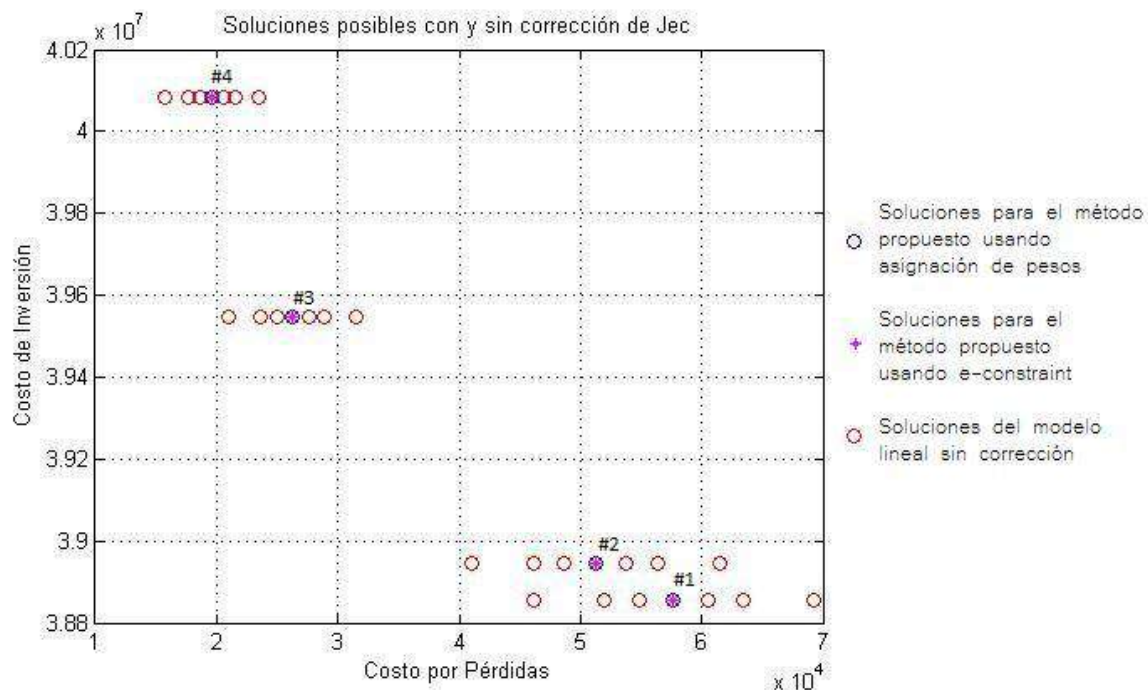


Figura 26. Soluciones posibles con y sin corrección de *Jec*

Como fue anteriormente comentado, ya que la función que describe la pérdida de potencia activa en las líneas depende directamente de la *Jec*, el error introducido en la linealización es proporcional a la desviación entre las pérdidas de potencia calculadas con el error (optimizador) y al corregirlos (con el valor del flujo de carga). En consecuencia, el método de actualización de la linealización *Jec* propuesto, basado en la relación directamente proporcional entre las pérdidas calculadas y la densidad de corriente asumida, es una forma adecuada de ajustar el punto de linealización de la función.

El método fue probado tanto utilizando el flujo de carga de *Newton-Raphson* como usando el FCRB, obteniendo las mismas redes como solución.

### 3.2.1.4 Perfil de tensiones

Finalmente, la tabla 6 muestra las máximas caídas de tensión obtenidas, para los resultados calculados utilizando la metodología propuesta, siendo MAXdv la diferencia máxima encontrada entre la tensión unitaria (por unidad) y la tensión calculada para el nodo de menor voltaje y MAXdvPCT el porcentaje de caída de tensión en el nodo de menor voltaje con respecto a la tensión unitaria (por unidad).

Solución	$\Delta V$ (V)	$\Delta V$ %	W1	W2
Solución 1	0,00063765	0,06376457	0,99 - 0,11	0,01 - 0,89
Solución 2	0,00070761	0,0707614	0,1 - 0,04	0,9 - 0,96
Solución 3	0,00031346	0,03134615	0,03 - 0,02	0,97 - 0,98
Solución 4	0,00022988	0,02298840	0,01	0,99

**Tabla 6. Máximas caídas de tensión para cada solución del Sistema1**

Como es lógico esperar, las soluciones con mayor costo fijo de instalación, es decir donde se han seleccionado líneas con mayor capacidad para reducir las pérdidas, las caídas de tensión son menores.

Estos valores de caída de tensión pueden servir como criterio a la hora de seleccionar cual de las soluciones elegir (de entre la familia de soluciones no dominadas calculadas).

Referirse al Anexo C para los datos de entrada del sistema y al Anexo D para más detalles sobre las soluciones presentadas.

### 3.2.2 Sistema 2

A continuación se presentan las soluciones obtenidas utilizando la metodología propuesta para el Sistema 2, utilizando el método de la asignación de pesos y el *e-constraint*, para 99 diferentes asignaciones de pesos entre 0 y 1.

#### 3.2.2.1 Resultados obtenidos

La figura 27 muestra las soluciones al problema de planificación del Sistema 2 calculadas utilizando la metodología propuesta.

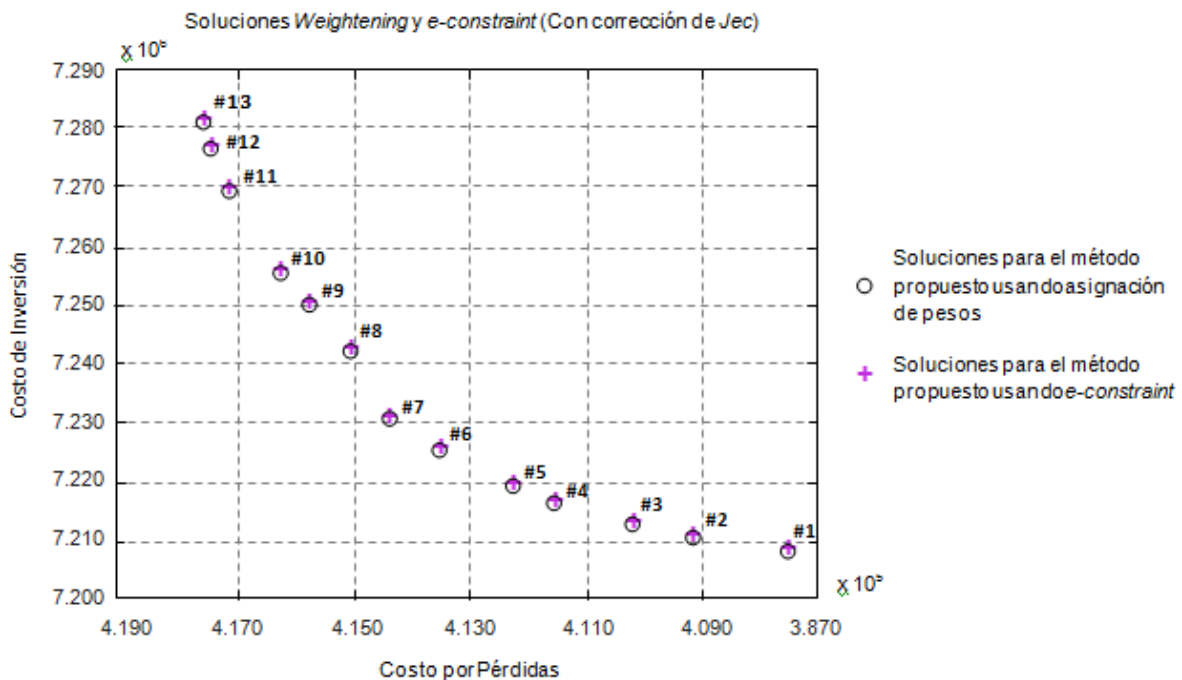


Figura 27. Soluciones obtenidas para el Sistema 2 con corrección de Jec

Al evaluar las soluciones obtenidas, con respecto a los valores de peso asignados para cada uno, es posible observar que la solución global es favorecida en los objetivos de pesos relativos mayores. En este caso, al asignar mayor peso al objetivo de costos fijos de instalación, la solución tiende a favorecer este criterio, consiguiendo soluciones de menor costo de instalación y por lo tanto de mayor costo por pérdidas.

Las soluciones obtenidas al utilizar el método de *e-constraint* coinciden con las soluciones halladas al utilizar el método de asignación de pesos.

La figura 28 muestra las soluciones al problema de planificación del Sistema 2 aplicando la metodología propuesta y las calculadas para el modelo lineal sin corrección de la linealización.

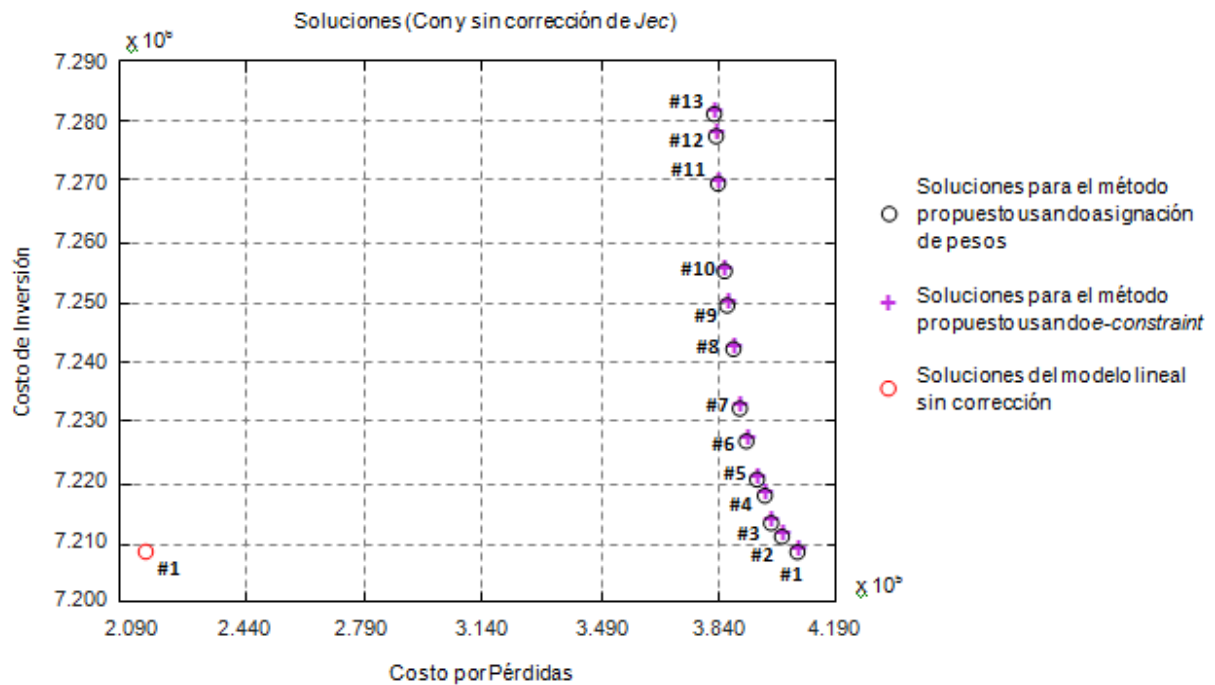


Figura 28. Soluciones obtenidas para el Sistema 2 con y sin corrección de *Jec*.

Al evaluar las soluciones del problema utilizando la metodología propuesta, fueron calculadas 13 soluciones distintas, a diferencia de la única solución obtenida al no incluir la corrección de la linealización. Resulta de gran importancia destacar entonces, que el valor inicial de la *Jec* introduce un error suficientemente grande como para alejar el algoritmo del entorno real de la solución, evitando así el cálculo de todas las soluciones posibles menos una.

La utilización del modelo planteado permite corregir el error en la *Jec* inicial, llevando la búsqueda de la solución al entorno adecuado y lográndose así el cálculo de 13 soluciones no dominadas, 12 de las cuales no fueron halladas al utilizar el método sin la corrección de *Jec*.

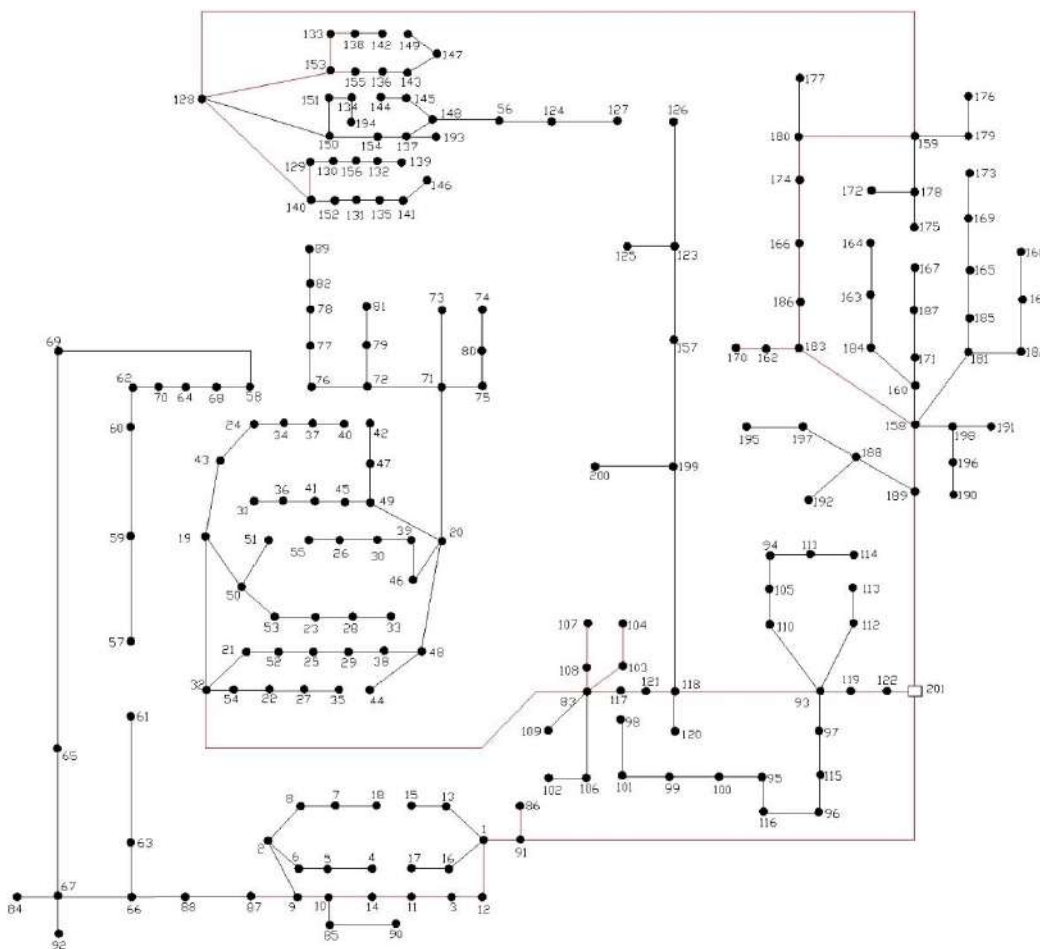
Si bien a primera instancia pareciera que la solución calculada sin corrección de la linealización es mejor por presentar menores costos por pérdidas, esto no es cierto debido a que el valor de los costos por pérdidas incluye el error introducido en la linealización. El verdadero valor de las pérdidas de dicha red es la calculada por el algoritmo de flujo de carga, como la presentada para la solución #1 usando el método propuesto.

La tabla 7 muestra las soluciones calculadas para el sistema 2 utilizando la metodología propuesta y la obtenida de no realizar la corrección de la linealización propuesta.

<b>Soluciones obtenidas con corrección de la linealización</b>					
<b>Solución</b>	<b>COSTO-Instalación (€)</b>	<b>COSTO-Pérdidas (€)</b>	<b>COSTO-Total (€)</b>	<b>W1</b>	<b>W2</b>
Solución 1	7223300,05	418571,81	7641871,86	0,99 - 0,79	0,01 - 0,21
Solución 2	7224634,21	413615,27	7638249,49	0,78 - 0,71	0,22 - 0,29
Solución 3	7225857,19	410576,77	7636433,96	0,7 - 0,6	0,3 - 0,4
Solución 4	7228525,51	406481,50	7635007,02	0,59 - 0,57	0,41 - 0,43
Solución 5	7230193,21	404353,71	7634546,92	0,56 - 0,5	0,44 - 0,5
Solución 6	7233750,97	400633,35	7634384,32	0,49 - 0,44	0,51 - 0,56
Solución 7	7236808,42	398240,88	7635049,30	0,43 - 0,3	0,57 - 0,7
Solución 8	7243368,04	396004,31	7639372,35	0,29 - 0,25	0,71 - 0,75
Solución 9	7247815,24	393945,47	7641760,71	0,24	0,76
Solución 10	7251095,05	392495,33	7643590,38	0,23 - 0,13	0,77 - 0,87
Solución 11	7259611,44	389618,17	7649229,61	0,12 - 0,05	0,88 - 0,95
Solución 12	7264281,00	388642,32	7652923,32	0,04 - 0,03	0,96 - 0,97
Solución 13	7266171,06	388428,97	7654600,03	0,02 - 0,01	0,98 - 0,99
<b>Solución obtenidas sin corrección de la linealización</b>					
<b>Solución</b>	<b>COSTO-Instalación (€)</b>	<b>COSTO-Pérdidas (€)</b>	<b>COSTO-Total (€)</b>	<b>W1</b>	<b>W2</b>
Solución 1	7223300,05	218856,27	7442156,32	0,99 - 0,01	0,01 - 0,99

**Tabla 7. Soluciones obtenidas para el Sistema 2**

La figura 29 muestra gráficamente las líneas seleccionadas como solución del problema de planificación del Sistema 2 utilizando la metodología de planificación propuesta.



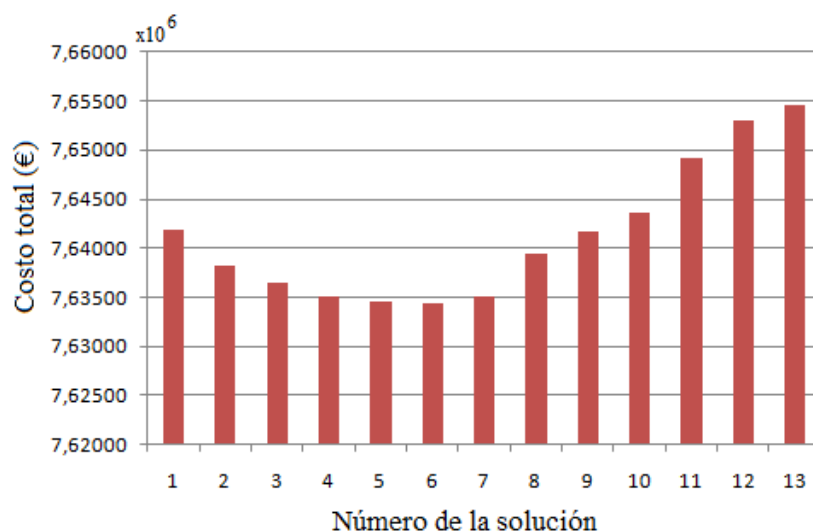
**Figura 29. Topología resultante de las soluciones reportadas para el Sistema 2**

Las trece soluciones halladas comparten la misma topología, variando entre ellas los calibres seleccionados.

Una vez calculadas las soluciones no dominadas del problema, la configuración óptima a implementar puede ser seleccionada por otro tipo de criterios, tales como: el perfil de tensiones (ver tabla 9), el costo total de la red, indicadores de confiabilidad y consideraciones urbanísticas y, ambientales, entre otras.



La figura 30 muestra los costos totales de las 13 soluciones calculadas.



**Figura 30. Topología resultante de las soluciones reportadas para el Sistema 2**

De observar las soluciones se observa que la red de menor costo total es la solución #6, por lo que podría ser la red seleccionada de usar un criterio de selección basado en el costo total en un planteamiento monoetapa.

Por otro lado, al considerar una planificación multietapa, como la propuesta en la sección 3.2.3, la solución mas adecuada puede ser una diferente, que permita optimizar una solución a futuro.

### 3.2.2.2 Comparación con resultados reportados lineales y no lineales

La red obtenida como solución #1 utilizando el método propuesto coincide con la obtenida sin corrección de la linealización, y a su vez con la solución presentada en [63] para el caso monobjetivo linealizado, y es similar a la solución radial de mayor confiabilidad presentada en [1] donde el problema se plantea en un enfoque multiobjetivo (confiabilidad y costos) no lineal.

La tabla 8 muestra una comparación general entre los resultados reportados en [1], [63] y los obtenidos al aplicar el método propuesto.

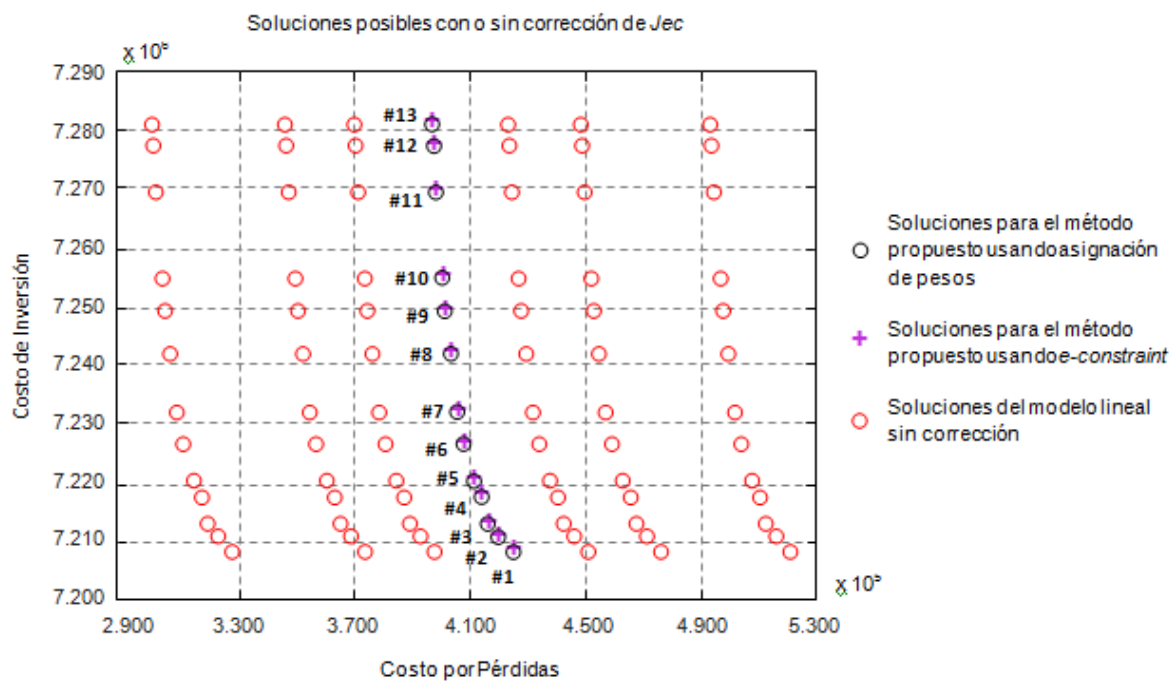
Solución	COSTOFijoTotal (€)	Diferencia (%)	COSTOPerdTotal (€)	Diferencia (%)	COSTOTotal (€)
Sin Corrección	7223300	0,1983	*218856	-48,907	7442156
Solución 1	7223300	0,1983	418572	-2,2831	7641872
Lineal [63]	7194895	-0,1958	**426135	-0,5175	7621030
No lineal [1]	7209008	0	428351	0	7637359
* Costos calculados por optimizador					
** Costos calculados a partir de las pérdidas de potencia halladas por Flujo de Carga					

**Tabla 8. Comparación entre resultados obtenidos y reportados.**

La red de la solución#1 es igual a la obtenida para el caso sin corrección y al reportado en [63]. Sin embargo, el valor de costo por pérdidas calculado es corregido al utilizar el método propuesto. Las pequeñas diferencias en el costo fijo reportado se debe principalmente a diferencias en la data de costos de entrada al modelo.

### 3.2.2.3 Influencia del error en la linealización

La figura 31 muestra un conjunto de soluciones calculadas sin corrección de la linealización y con porcentajes de error conocidos en la *Jec* introducida (-20%, -10%, -5%, +5%, +10%, y +20%) junto a las soluciones no dominadas calculadas utilizando el método propuesto.



**Figura 31. Soluciones posibles para el Sistema 2 con y sin corrección de *Jec***

Nuevamente es posible observar la relación directamente proporcional entre el error en las pérdidas calculadas y el error introducido en el valor de la *Jec* utilizado para la linealización.

#### 3.2.2.4 Perfil de tensiones

La tabla 9 muestra las máximas caídas de tensión obtenidas para los resultados calculados utilizando la metodología propuesta.

<b>Solución</b>	<b>MAXdv (V)</b>	<b>MAXdvPCT</b>	<b>W1</b>	<b>W2</b>
Solución 1	0,02805849	2,80584903	0,99 - 0,79	0,01 - 0,21
Solución 2	0,02719969	2,71996903	0,78 - 0,71	0,22 - 0,29
Solución 3	0,02657338	2,65733813	0,7 - 0,6	0,3 - 0,4
Solución 4	0,02573999	2,57399879	0,59 - 0,57	0,41 - 0,43
Solución 5	0,02537975	2,5379754	0,56 - 0,5	0,44 - 0,5
Solución 6	0,02452151	2,45215088	0,49 - 0,44	0,51 - 0,56
Solución 7	0,02408224	2,40822397	0,43 - 0,3	0,57 - 0,7
Solución 8	0,02365861	2,36586105	0,29 - 0,25	0,71 - 0,75
Solución 9	0,02365727	2,36572726	0,24	0,76
Solución 10	0,02365727	2,36572726	0,23 - 0,13	0,77 - 0,87
Solución 11	0,02295089	2,29508947	0,12 - 0,05	0,88 - 0,95
Solución 12	0,0229501	2,29500962	0,04 - 0,03	0,96 - 0,97
Solución 13	0,0229501	2,29500962	0,02 - 0,01	0,98 - 0,99

**Tabla 9. Máximas caídas de tensión para cada solución del Sistema 2**

Como era esperado, las soluciones con mayores costos de instalación (mayores calibres de conductores) presentan los mejores perfiles de tensión, y lógicamente también las menores pérdidas de potencia. El perfil de tensiones puede ser usado como un criterio de selección, tomando por ejemplo la red que cumpla con un valor límite en la caída de tensión permitida.

### 3.2.2.5 Sensibilidad a variaciones

Fueron probados diferentes valores de  $Jec$  inicial y el método ha probado ser capaz de corregir el error proveniente de la linealización de la expresión de pérdidas, ya sea que haya sido introducido por el valor de  $Jec$  o por el factor de pérdidas inicialmente considerados.

De estas soluciones es posible concluir que la metodología utilizada para la corrección de la linealización, permite calcular las soluciones del problema de planificación sin necesidad de resolver el modelo no lineal.

Referirse al Anexo C para los datos de entrada del sistema y al Anexo D para más detalles sobre las soluciones presentadas y la comparación entre ellas y las reportadas en la literatura.

### 3.2.3 Incorporación de fuentes adicionales – Modelo multietapa

Partiendo de la red anteriormente presentada, a continuación se plantea un escenario de planificación multietapa, orientada a la incorporación a la red de un nuevo parque de generación adicional con una capacidad de 1000kVA.

El problema se presenta entonces en tres etapas (modelación pseudodinámica).

**Etapas inicial (año cero):** La red original de partida (únicamente con las líneas existentes) sobre la cual luego fueron hechas las expansiones calculadas tanto en el presente trabajo como en [1], [63].

**Etapas intermedia:** Expansión de la red desarrollada en [1], [63] y calculada utilizando el método propuesto obteniendo una familia de 13 soluciones no dominadas diferentes.

**Etapas final (año horizonte):** El objetivo es la determinación de la ubicación óptima de la fuente nueva a incluir en la red.

La expectativa de expansión en la red y la necesidad de aumentar la capacidad de las fuentes y líneas a futuro llevan al usuario a buscar soluciones que minimicen las pérdidas a largo plazo. Se decide entonces realizar la inversión asociada a la instalación de líneas de mayor calibre a fin de buscar la minimización de pérdidas a futuro. En el ejemplo seleccionado, la determinación del punto de conexión de la nueva fuente se calcula por el método considerando la minimización de las pérdidas de potencia activa en las líneas.

De acuerdo al planteamiento de la resolución de modelos multietapa pseudodinámicos, la determinación de la solución óptima para el año horizonte indica la solución a seleccionar para la etapa intermedia. Para este ejemplo en específico, la determinación de la ubicación óptima de la generación para el año horizonte permite seleccionar una de las trece (13) soluciones obtenidas para la etapa intermedia.

Por razones de factibilidad geográfica, y por representar centros de carga con expectativas de expansión, se han definido dos áreas donde es factible la instalación de las nuevas fuentes de generación a incorporar adicionalmente a la principal (subestación). Estas áreas se muestran en la figura 32.

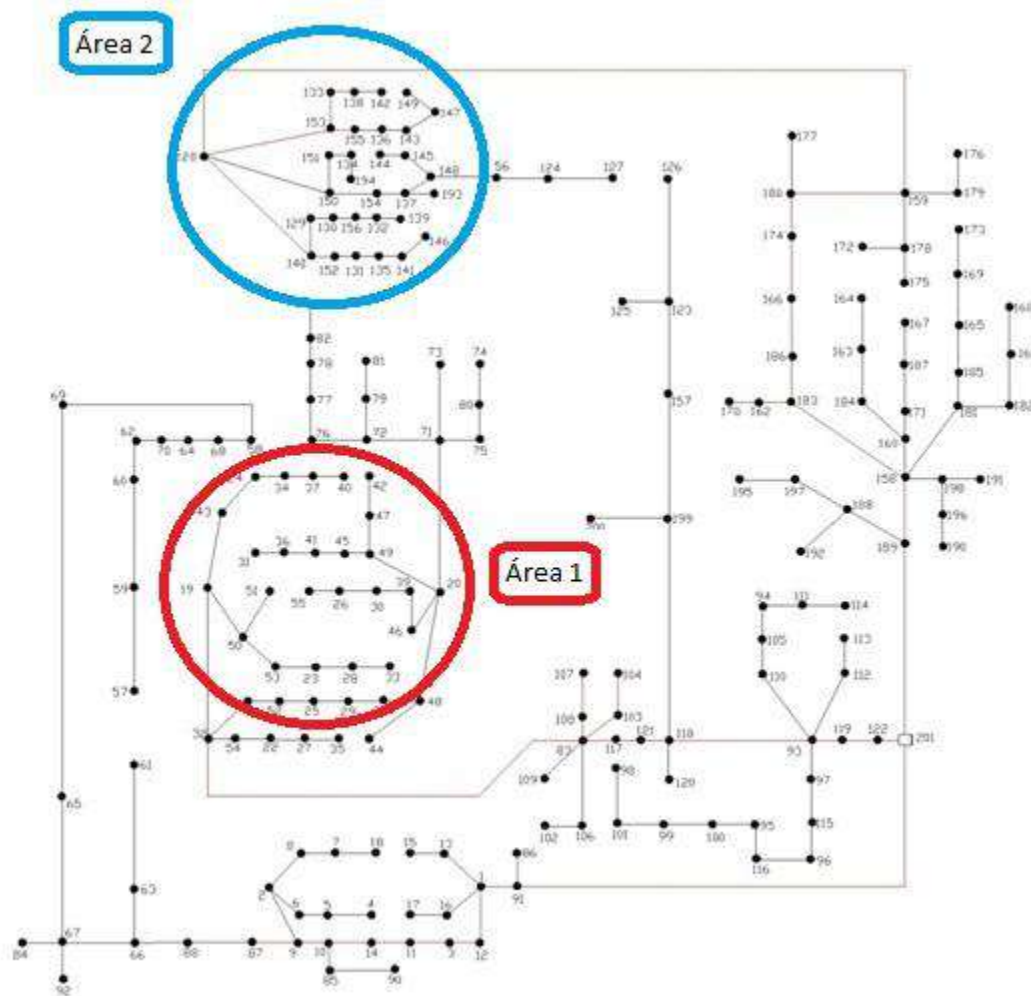


Figura 32. Áreas donde es posible instalar el nuevo parque de generación

De acuerdo a las áreas factibles, se evaluaron y compararon los siguientes posibles puntos de interconexión de la nueva fuente (nodo 202):

**Área 1:** Conexión posible a los nodos: 20, 49, 55, 39, 31 y 42

**Área 2:** Conexión posible a los nodos: 128, 153, 150, 140, 147 y 148

Para cada una de las fuentes posibles (con sus posibles ubicaciones), se utilizó el método propuesto para determinar la solución que permita minimizar las pérdidas de potencia activa.

La tabla 10 muestra las pérdidas de potencia activa en las líneas calculadas para cada posible punto de conexión en el presente estudio de expansión.

Área	Nodo de conexión	Pérdidas totales (kW)
	Red inicial (una fuente)	224,2367139
1	Fuente extra en 20	192,052242
	Fuente extra en 49	192,0484582
	Fuente extra en 55	197,321950
	Fuente extra en 39	192,4066976
	Fuente extra en 31	192,5198141
	Fuente extra en 42	192,4129133
2	Fuente extra en 128	192,9613667
	Fuente extra en 153	192,5994575
	Fuente extra en 150	192,8894543
	Fuente extra en 140	192,7095435
	Fuente extra en 147	193,020325
	Fuente extra en 148	193,1504966

**Tabla 10. Pérdidas de potencia en las líneas**

Considerando los resultados obtenidos, el lugar óptimo de instalación de la nueva capacidad de generación es el nodo 49.

Al observar los trece resultados obtenidos anteriormente para la etapa intermedia (expansión de la red con una sola fuente), vemos que al ir subiendo en el número de la solución, debido a la asignación de pesos a los objetivos, las soluciones favorecen cada vez más a redes con menores pérdidas. Es de especial interés que, desde la Solución 1 hasta la Solución 8, cada solución implica el aumento de algún calibre de las líneas incluidas en el Área 1, como puede verse en la tabla 11.

Nodos origen- destino		Calibre seleccionado para la línea							
		Solución 1	Solución 2	Solución 3	Solución 4	Solución 5	Solución 6	Solución 7	Solución 8
48	20	1	1	1	1	1	2	2	2
29	38	1	1	1	2	2	2	2	2
38	48	1	1	2	2	2	2	2	2
21	52	1	1	1	1	2	2	2	2
25	29	1	1	1	1	1	1	2	2
52	25	1	2	2	2	2	2	2	2
32	21	1	1	1	1	1	1	1	2

**Tabla 11. Calibres calculados para el área 1 en la etapa anterior**

La Solución 8 presenta los mayores calibres y por lo tanto menores pérdidas en las líneas consideradas en el área 1. Esta solución permite preparar la red para la posterior implementación de la nueva fuente de generación en el área 1, específicamente conectada al nodo 49, por lo que es seleccionada como la solución a implementar para la etapa intermedia del problema multietapa propuesto.

### 3.2.4 Sistema 3

A continuación se presentan las soluciones obtenidas al evaluar el diseño óptimo del Sistema 3 y luego se utiliza la metodología de control para evaluar su aplicación en redes interconectadas (no radiales).

#### 3.2.4.1 Diseño radial (clásico)

Las figuras 33 a 36 y las tablas 12 a 14 muestran las soluciones obtenidas al evaluar el Sistema 1 utilizando para ello el método de la asignación de pesos y el *e-constraint*, para 99 diferentes asignaciones de pesos entre 0 y 1.

El modelo utilizado incluye la restricción de radialidad por lo que el método orientará la búsqueda del óptimo hacia redes de configuración radial, que es la topología clásicamente usada para la operación de las redes de baja y media tensión.



Es importante recordar que al incluir la condición de radialidad en el modelo, los nodos de demanda solo pueden ser alimentados desde una sola vía, por lo que cada red resultante (pudiendo ser redes aisladas entre sí) quedarán finalmente conectada a una única fuente que el método tomará como el nodo *slack* de cada red.

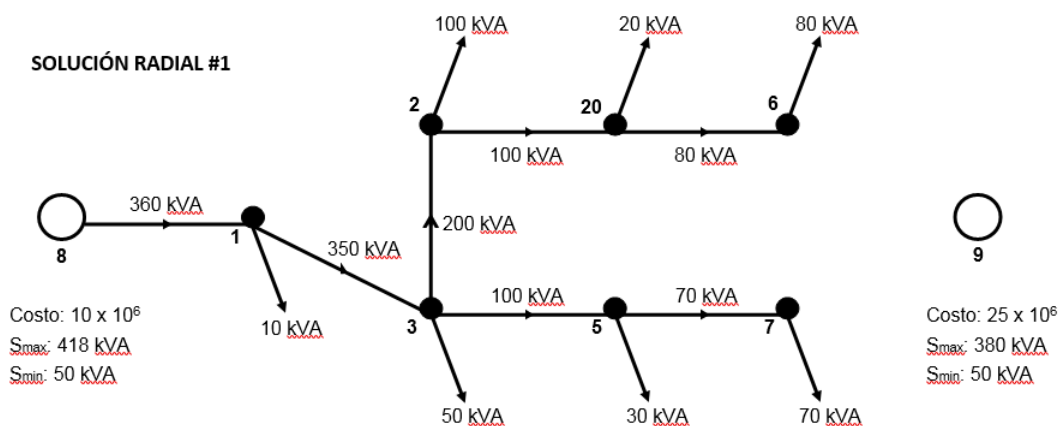


Figura 33. Solución 1 al modelo radial

Solución 1 al Sistema 3 - Simulación radial – Nodos						
Nodo	Tensión (kV)	Ángulo	Pgenerada(kW)	Qgenerada(kVAr)	Pload(kW)	Qload(kVAr)
8	10	0	306,1243997	189,6741419	0	0
1	9,999009214	4,93E-05	1,44E-10	1,54E-10	8,5	5,2678269
2	9,996418303	0,000109553	3,57E-09	2,16E-09	85	52,678269
3	9,997343655	8,80E-05	-1,06E-09	1,43E-09	42,5	26,339134
20	9,996029641	0,00011859	4,02E-09	2,60E-09	17	10,535654
5	9,99713217	9,30E-05	1,85E-09	2,03E-09	25,5	15,803481
6	9,995543148	0,000129903	4,17E-09	2,76E-09	68	42,142615
7	9,997076655	9,42E-05	1,01E-09	1,10E-09	59,5	36,874788

Tabla 12. Solución 1 al modelo radial

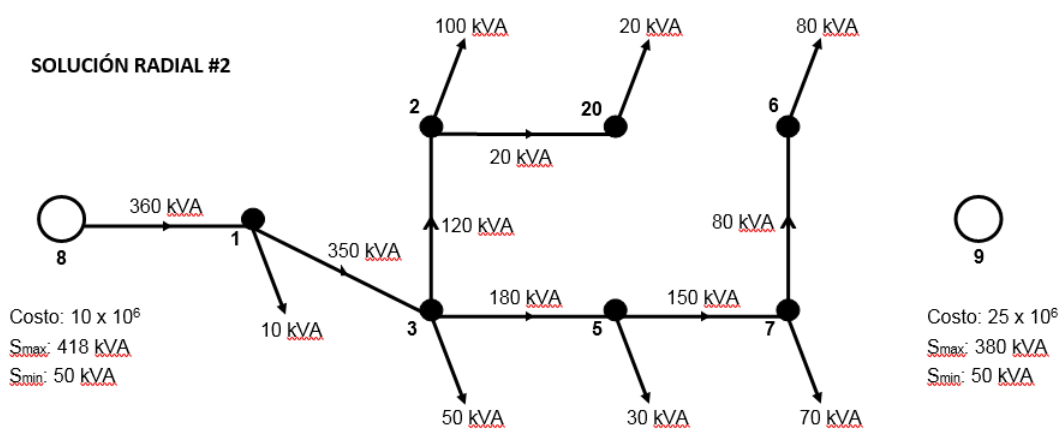


Figura 34. Solución 2 al modelo radial

Solución 2 al Sistema 3 - Simulación radial - Nodos						
Nodo	Tensión (kV)	Ángulo	Pgenerada(kW)	Qgenerada(kVAr)	Pload(kW)	Qload(kVAr)
8	10	0	306,1146304	189,6708353	0	0
1	9,999009245	4,93E-05	8,55E-10	2,43E-10	8,5	5,2678269
2	9,996788569	0,000100945	1,80E-09	1,18E-09	85	52,678269
3	9,997343737	8,80E-05	1,08E-09	8,13E-10	42,5	26,339134
20	9,996710845	0,000102753	2,42E-09	1,00E-09	17	10,535654
5	9,996963046	9,69E-05	1,14E-09	1,68E-09	25,5	15,803481
6	9,996431655	0,000109245	2,22E-09	1,25E-09	68	42,142615
7	9,99684408	9,97E-05	2,07E-09	2,43E-09	59,5	36,874788

Tabla 13. Solución 2 al modelo radial

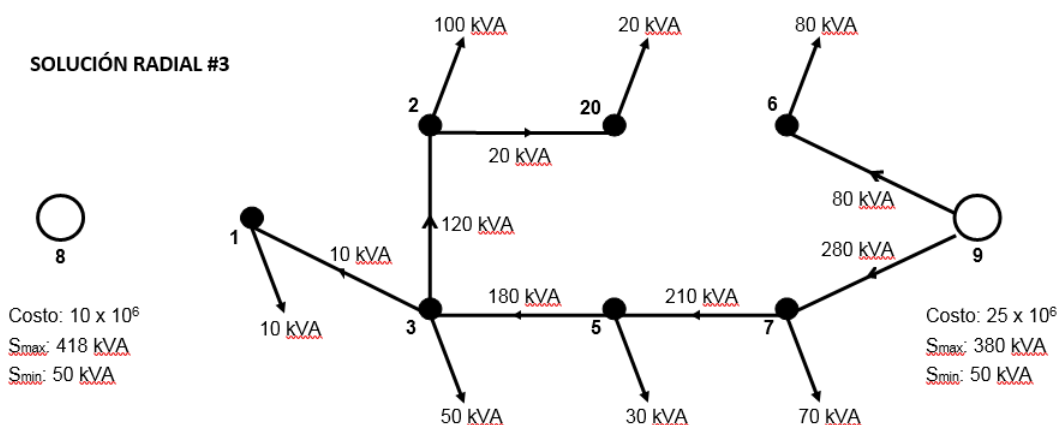
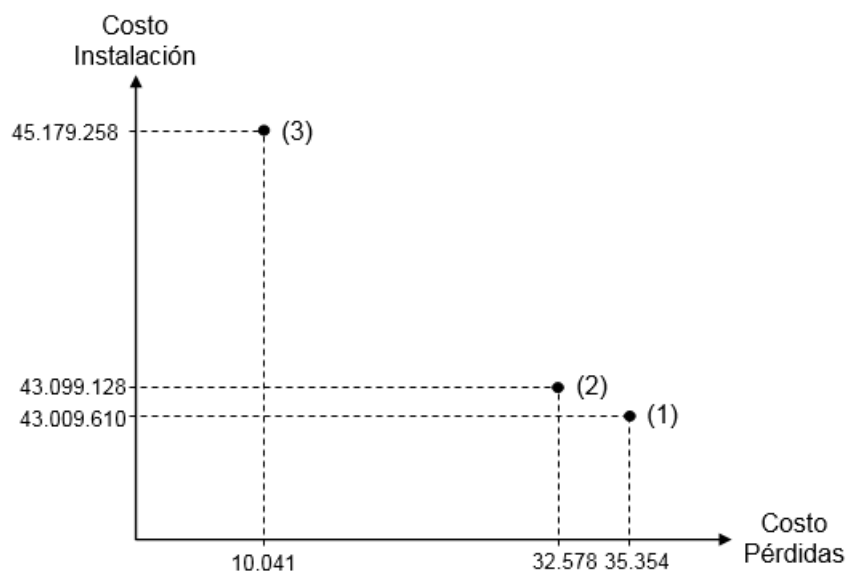


Figura 35. Solución3 al modelo radial

Solución 3 al Sistema 3 - Simulación radial – Nodos						
Nodo	Tensión (kV)	Ángulo	Pgenerada(kW)	Qgenerada(kVAr)	Pload(kW)	Qload(kVAr)
9	10	0	306,0353103	189,6537154	0	0
1	9,998813219	2,76E-05	3,75E-06	2,32E-06	8,5	5,2678269
2	9,998305712	3,94E-05	4,75E-06	2,94E-06	85	52,678269
3	9,998860795	2,65E-05	3,17E-06	1,96E-06	42,5	26,339134
20	9,998227999	4,12E-05	5,44E-06	3,38E-06	17	10,535654
5	9,999241418	1,76E-05	1,98E-06	1,21E-06	25,5	15,803481
6	9,999682854	7,37E-06	5,06E-09	3,47E-09	68	42,142615
7	9,999407938	1,38E-05	1,46E-06	8,98E-07	59,5	36,874788

Tabla 14. Solución 3 al modelo radial



**Figura 36. Soluciones no dominadas del Sistema 3 con modelación radial**

Referirse al Anexo D para detalles sobre el flujo de potencia por las líneas en las soluciones calculadas.

Al asignar un peso (importancia relativa) mayor al costo de instalación, en las soluciones calculadas la fuente seleccionada es la de menor costo (nodo 8). Por otro lado, cuando la asignación de pesos establece una importancia mayor a la reducción de pérdidas, la solución hallada indica que la opción óptima es la de seleccionar la fuente del nodo 9 aunque tenga mayor costo fijo de instalación.

Es posible identificar entonces una tendencia a favorecer la instalación de la fuente en el nodo 9 y sus líneas asociadas, cuando la minimización de pérdidas es el objetivo más importante.

Es interesante también destacar la capacidad del algoritmo de seleccionar el nodo *slack* según la fuente seleccionada en cada solución.

#### 3.2.4.2 Diseño no radial

El modelo planteado se modifica para que no incluya la restricción de radialidad por lo que el método permitirá la búsqueda del óptimo sin importar el tipo de configuración y la solución puede ser radial o no.

Considerando que en este primer ejemplo, la capacidad disponible de ambas fuentes es suficiente para abastecer la demanda por sí solas, el algoritmo da como solución redes conectadas a una sola fuente, reduciendo así el costo de instalación de la otra fuente.

En consecuencia, las soluciones obtenidas son las mismas que las calculadas en el caso anterior para la simulación usando el modelo radial.

Referirse al Anexo D para los detalles sobre las soluciones calculadas.

### 3.2.4.3 *Diseño no radial – Generación distribuida*

La capacidad nominal de las fuentes fue reducida para forzar la obtención de una solución interconectada con más de una fuente.

El objetivo de las siguientes simulaciones es el de evaluar el comportamiento al considerar las fuentes de la red como nodos de potencia reactiva (factor de potencia) controlada PQ o como de tensión controlada PV.

**Fuentes modeladas como nodos PQ:** Control de la potencia reactiva (y por lo tanto del factor de potencia) de la fuente.

En este tipo de nodos es necesario especificar la potencia activa y reactiva a inyectar. Para la simulación realizada se estableció un factor de potencia deseado de 0.95 en atraso, definiendo así, en función de la potencia aparente óptima calculada, el valor de la potencia activa y reactiva de la fuente. Al fijar el factor de potencia deseado en las fuentes no *slack*, la potencia reactiva inyectada debe quedar definida en función a ese valor, y el nodo *slack* deberá ajustar su valor de potencia reactiva a fin de regular la tensión y mantener la referencia de voltaje.

El valor de la tensión queda libre y se calcula en función del flujo de potencia en la red.

**Fuentes modeladas como nodos PV:** Control de la tensión en el punto de conexión de la fuente.

En este tipo de nodos es necesario especificar la potencia activa a inyectar y el valor de tensión nodal a fijar. Para la simulación realizada se estableció un valor de tensión nodal del 100% (1 p.u.). El valor de potencia activa se define habitualmente de acuerdo a los requerimientos operativos del sistema, la carga, la microrred, etc. A fin de poder realizar una comparación directa con el caso de

modelado como nodo PQ, la potencia activa fue definida a un valor del 95% de la potencia aparente calculada para la fuente por el optimizador.

El valor de la potencia reactiva inyectada por la fuente queda libre y se debe ajustar a lo requerido para lograr la regulación de tensión deseada.

En los nodos con regulación de tensión (*slack* y PV), la inyección de potencia reactiva final es determinada por el flujo de carga en función de lo necesario para alcanzar (de ser posible) el valor de tensión deseado, razón por la cual la potencia generada final puede diferir de la calculada por el optimizador. Es recomendable entonces establecer una tolerancia ligeramente mayor al criterio de convergencia para las líneas conectadas a fuentes de tensión controlada. Esta desviación implica un deterioro con respecto a lo que podría ser la solución óptima calculada por el método utilizando la modelación mediante nodos PQ, pero que sería una desviación necesaria para alcanzar los valores de tensión especificados.

En este estudio no se consideró la utilización de posibles cambiadores de tomas en los transformadores de conexión de las fuentes a la red.

Los costos de las fuentes tienen valores despreciables pues tanto los generadores como las líneas son considerados como existentes en el modelo por lo que su costo de instalación no impacta en la solución calculada y los flujos de potencia se calculan a fin de minimizar las pérdidas y lograr el control deseado sobre los puntos de generación. Esta consideración no afecta ni modifica las redes calculadas pues, debido a la relación entre potencias generadas y consumidas, todas las opciones deben incluir a ambas fuentes independientemente de su costo.

Todas las simulaciones se realizaron dos veces una con las fuentes (no *slack*) como nodos PQ y otra como nodos PV.

La figura 37 y las tablas 15 y 16 muestran los resultados. Como puede observarse, al deshabilitar la restricción de radialidad en el modelo, el algoritmo permitió el cálculo de una solución donde las dos fuentes están interconectadas en una misma red (no radial).

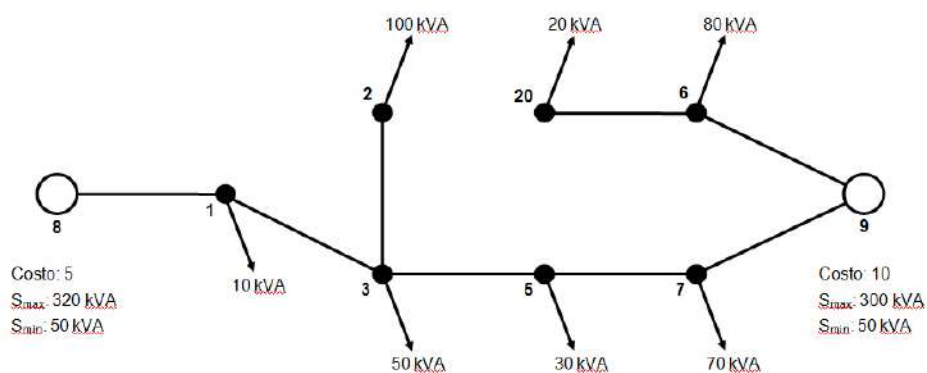


Figura 37. Solución 1 - Simulación no radial con generación distribuida

Simulación 1 del Sistema 3 - Diseño no radial - Generación distribuida						
Nodo	Tensión (kV)	Ángulo	Pgenerada(kW)	Qgenerada(kVAr)	Pload(kW)	Qload(kVAr)
8	10	0	21,02829854	95,97538607	0	0
9	10,00048569	8,80E-05	2,85E+02	9,37E+01	0	0
1	9,999908305	2,88E-05	8,68E-08	1,06E-05	8,5	5,2678269
2	9,999245795	7,95E-05	-3,95E-06	2,80E-05	85	52,678269
3	9,999708321	6,88E-05	-3,50E-06	2,62E-05	42,5	26,339134
20	9,999967705	1,00E-04	-7,94E-06	4,53E-05	17	10,535654
5	9,999936599	7,92E-05	-4,85E-06	3,16E-05	25,5	15,803481
6	10,00008927	9,72E-05	-7,08E-06	4,16E-05	68	42,142615
7	10,00004599	8,25E-05	-5,09E-06	3,34E-05	59,5	36,874788

Tabla 15. Solución 1 - Simulación no radial con generación distribuida (PQ)

Simulación 1 del Sistema 3 - Diseño no radial - Generación distribuida						
Nodo	Tensión (kV)	Ángulo	Pgenerada(kW)	Qgenerada(kVAr)	Pload(kW)	Qload(kVAr)
8	10	0	21,07041834	234,5379784	0	0
9	10	2,62E-04	2,85E+02	-4,49E+01	0	0
1	9,999868707	7,12E-05	-5,64E-07	1,30E-07	8,5	5,2678269
2	9,998989111	1,86E-04	-1,49E-06	1,38E-07	85	52,678269
3	9,999451648	0,00017527	-1,48E-06	1,09E-07	42,5	26,339134
20	9,999481987	2,74E-04	-2,46E-06	1,30E-07	17	10,535654
5	9,999583485	0,000214166	-1,89E-06	7,74E-08	25,5	15,803481
6	9,999603563	2,71E-04	-2,45E-06	6,99E-08	68	42,142615
7	9,999656713	0,000228198	-2,09E-06	5,79E-08	59,5	36,874788

Tabla 16. Solución 1 - Simulación no radial con generación distribuida (PV)

Referirse al Anexo D para detalles sobre el flujo de potencia por las líneas.

Partiendo de esta red como base, se realizaron variaciones en la demanda a fin de verificar que las soluciones calculadas son lógicas y adecuadas para cada escenario. Las variaciones en las potencias demandadas se identifican con letras rojas en las figuras 38 a 40. Las tablas 17 a 22 muestran los resultados obtenidos.

Al incrementar la demanda en el nodo 2 la potencia adicional se suministra por la fuente en el nodo 8. La fuente del nodo 9 no puede incrementar la potencia generada pues está al máximo.

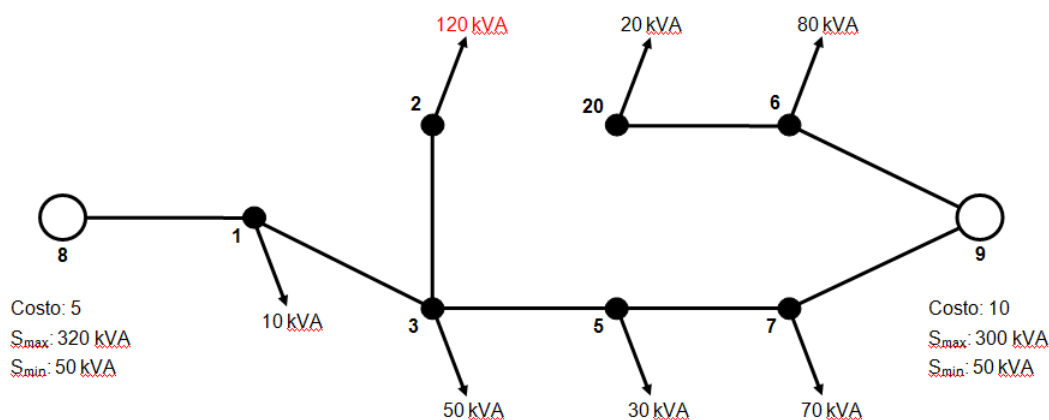


Figura 38. Solución 2 - Simulación no radial con generación distribuida



Simulación 2 del Sistema 3 - Diseño no radial - Generación distribuida						
Nodo	Tensión (kV)	Ángulo	Pgenerada(kW)	Qgenerada(kVAr)	Pload(kW)	Qload(kVAr)
8	10	0	38,03246237	106,5122006	0	0
9	10,00033551	9,30E-05	2,85E+02	9,37E+01	0	0
1	9,99985327	3,15E-05	2,03E-06	1,14E-05	8,5	5,2678269
2	9,999003083	8,66E-05	8,47E-07	3,11E-05	102	63,213923
3	9,999558127	7,37E-05	9,37E-07	2,91E-05	42,5	26,339134
20	9,999817515	1,05E-04	-3,27E-07	5,05E-05	17	10,535654
5	9,999786409	8,41E-05	6,09E-07	3,51E-05	25,5	15,803481
6	9,999939086	1,02E-04	-5,80E-08	4,63E-05	68	42,142615
7	9,9998958	8,75E-05	2,75E-07	3,70E-05	59,5	36,874788

Tabla 17. Solución 2 - Simulación no radial con generación distribuida (PQ)

Simulación 2 del Sistema 3 - Diseño no radial - Generación distribuida						
Nodo	Tensión (kV)	Ángulo	Pgenerada(kW)	Qgenerada(kVAr)	Pload(kW)	Qload(kVAr)
8	10	0	38,05799036	202,2357931	0	0
9	10	2,13E-04	2,85E+02	-2,04E+00	0	0
1	9,999825924	6,08E-05	-4,64E-07	1,07E-07	8,5	5,2678269
2	9,998825774	1,60E-04	-1,23E-06	1,13E-07	102	63,213923
3	9,999380828	0,000147297	-1,22E-06	8,64E-08	42,5	26,339134
20	9,999481987	2,25E-04	-2,03E-06	1,07E-07	17	10,535654
5	9,999542487	0,000177386	-1,58E-06	6,01E-08	25,5	15,803481
6	9,999603563	2,23E-04	-2,01E-06	6,14E-08	68	42,142615
7	9,999626898	0,000188116	-1,68E-06	3,91E-08	59,5	36,874788

Tabla 18. Solución 2 - Simulación no radial con generación distribuida (PV)

Al incrementar la demanda en el nodo 3 la potencia adicional se suministra por la fuente en el nodo 8. La fuente del nodo 9 no puede incrementar la potencia generada pues está al máximo.

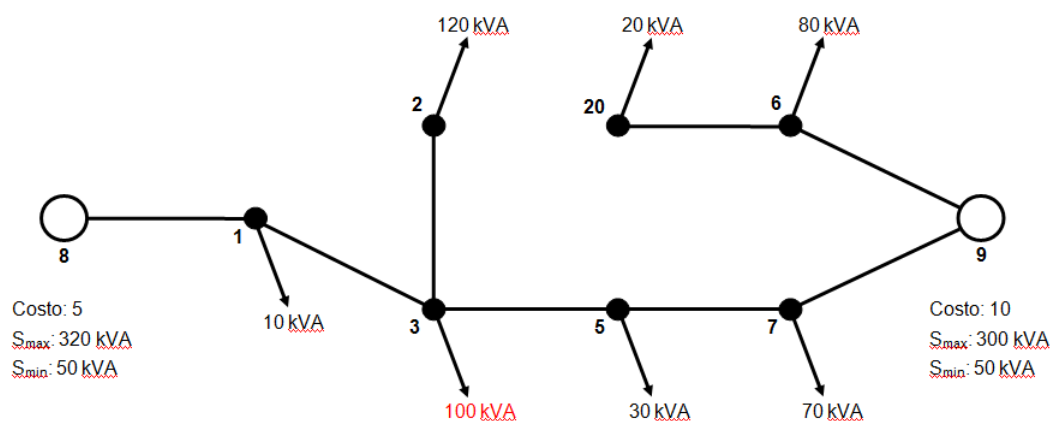


Figura 39. Solución 3 - Simulación no radial con generación distribuida

Simulación 3 del Sistema 3 - Diseño no radial - Generación distribuida						
Nodo	Tensión (kV)	Ángulo	Pgenerada(kW)	Qgenerada(kVAr)	Pload(kW)	Qload(kVAr)
8	10	0	80,54062164	132,8532138	0	0
9	9,999960075	1,05E-04	2,85E+02	9,37E+01	0	0
1	9,99971569	3,84E-05	6,56E-06	1,34E-05	8,5	5,2678269
2	9,998627598	9,90E-05	1,19E-05	3,83E-05	102	63,213923
3	9,999182663	8,61E-05	1,15E-05	3,57E-05	85	52,678269
20	9,999442061	1,17E-04	1,72E-05	6,26E-05	17	10,535654
5	9,999410953	9,65E-05	1,31E-05	4,34E-05	25,5	15,803481
6	9,999563636	1,15E-04	1,61E-05	5,74E-05	68	42,142615
7	9,999520349	9,99E-05	1,35E-05	4,58E-05	59,5	36,874788

Tabla 19. Solución 3 - Simulación no radial con generación distribuida (PQ)

Simulación 3 del Sistema 3 - Diseño no radial - Generación distribuida						
Nodo	Tensión (kV)	Ángulo	Pgenerada(kW)	Qgenerada(kVAr)	Pload(kW)	Qload(kVAr)
8	10	0	80,53876781	121,4601246	0	0
9	10	9,10E-05	2,85E+02	1,05E+02	0	0
1	9,999718941	3,49E-05	-2,13E-07	4,87E-08	8,5	5,2678269
2	9,998648694	9,03E-05	-5,64E-07	5,17E-08	102	63,213923
3	9,999203758	7,73E-05	-5,60E-07	4,11E-08	85	52,678269
20	9,999481988	1,03E-04	-9,29E-07	4,96E-08	17	10,535654
5	9,999439977	8,54E-05	-7,21E-07	2,65E-08	25,5	15,803481
6	9,999603563	1,00E-04	-9,20E-07	2,67E-08	68	42,142615
7	9,999552346	8,79E-05	-7,82E-07	1,82E-08	59,5	36,874788

Tabla 20. Solución 3 - Simulación no radial con generación distribuida (PV)

Al incrementar la demanda en el nodo 5 la potencia adicional se suministra por la fuente en el nodo 8. La fuente del nodo 9 no puede incrementar la potencia generada pues está al máximo.

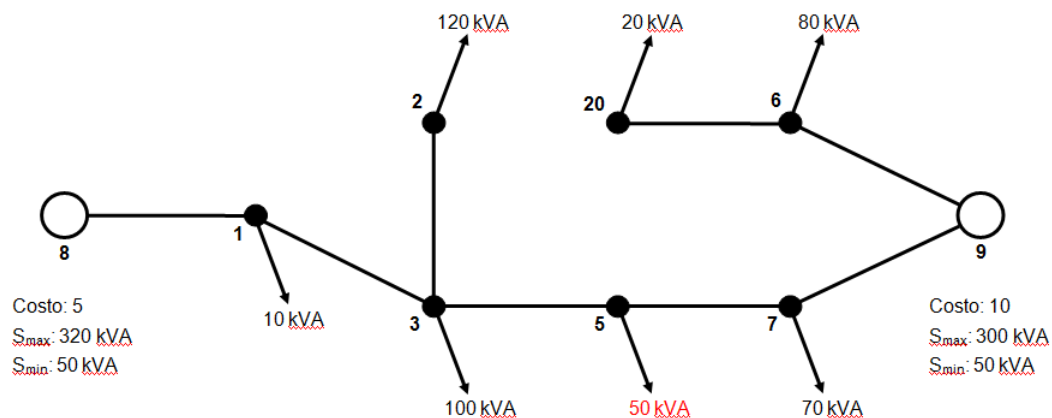


Figura 40. Solución 4 - Simulación no radial con generación distribuida

Simulación 1 del Sistema 3 - Diseño no radial - Generación distribuida						
Nodo	Tensión (kV)	Ángulo	Pgenerada(kW)	Qgenerada(kVAr)	Pload(kW)	Qload(kVAr)
8	10	0	97,54428224	143,3896454	0	0
9	9,999767613	1,11E-04	2,85E+02	9,37E+01	0	0
1	9,999660657	4,11E-05	8,78E-06	1,43E-05	8,5	5,2678269
2	9,998477401	1,04E-04	1,73E-05	4,17E-05	102	63,213923
3	9,999032474	9,11E-05	1,66E-05	3,88E-05	85	52,678269
20	9,99924959	1,23E-04	2,58E-05	6,84E-05	17	10,535654
5	9,999218481	0,000102448	1,90E-05	4,73E-05	42,5	26,339134
6	9,999371167	1,21E-04	2,41E-05	6,27E-05	68	42,142615
7	9,999327879	0,000105797	1,98E-05	4,99E-05	59,5	36,874788

Tabla 21. Solución 4 - Simulación no radial con generación distribuida (PQ)

Simulación 4 del Sistema 3 - Diseño no radial - Generación distribuida						
Nodo	Tensión (kV)	Ángulo	Pgenerada(kW)	Qgenerada(kVAr)	Pload(kW)	Qload(kVAr)
8	10	0	97,53622272	77,07121932	0	0
9	10	2,79E-05	2,85E+02	1,60E+02	0	0
1	9,999679576	2,08E-05	-8,12E-08	1,86E-08	8,5	5,2678269
2	9,998600191	5,30E-05	-2,15E-07	1,96E-08	102	63,213923
3	9,999155258	4,01E-05	-2,13E-07	1,62E-08	85	52,678269
20	9,999481988	4,00E-05	-3,54E-07	1,88E-08	17	10,535654
5	9,999387416	3,78E-05	-2,72E-07	1,15E-08	42,5	26,339134
6	9,999603563	3,71E-05	-3,52E-07	1,06E-08	68	42,142615
7	9,999514119	3,61E-05	-2,95E-07	8,92E-09	59,5	36,874788

Tabla 22. Solución 4 - Simulación no radial con generación distribuida (PV)

En todos los casos, la fuente del nodo 9 y sus interconexiones se mantiene cerca del límite máximo. Esto es razonable ya que, como fue posible evidenciar de la simulación anterior, la fuente del nodo 9 y sus ramas introducen mejoras en la reducción de pérdidas de la red por lo que son aprovechadas al máximo.

En línea con lo expuesto anteriormente, la potencia reactiva generada por el nodo *slack* se determina por lo requerido según el flujo de carga para mantener la referencia de tensión de la red. La potencia activa se define por el balance de potencias entre las inyectadas por las fuentes y las demandas de la red (considerando las pérdidas).

En las simulaciones 3 y 4, al dejar libre la tensión de la fuente en el nodo 9 (nodo PQ), su valor era inferior al nominal 1 p.u. Luego, al realizar la simulación como nodo PV, controlando su tensión a 1 p.u., la solución indica inyectar potencia reactiva (compensación) y así incrementar la tensión al valor deseado. En los casos simulados se puede evidenciar como las fuentes del sistema reducen la generación de potencia reactiva, compensando la inyección adicional en la fuente del nodo 9 en la misma magnitud y manteniendo así el balance de potencia de la red.

En las simulaciones 1 y 2, al dejar libre la tensión de la fuente en el nodo 9 (nodo PQ), su valor superaba el 1 p.u. Luego, al realizar la simulación como nodo PV, controlando su tensión a 1 p.u., la solución indica inyectar potencia reactiva negativa (el equivalente a un consumo de reactivos) y así reducir la tensión al valor deseado. En los casos simulados se puede evidenciar como las fuentes del sistema incrementan la generación de potencia reactiva, compensando el nuevo consumo en la fuente del nodo 9 en la misma magnitud y manteniendo así el balance de potencia de la red.

En las simulaciones donde la fuente del nodo 9 fue modelada como nodo PV (nodo de tensión controlada), la inyección de potencia reactiva calculada de los generadores se modificó (respecto a la versión PQ, que es la calculada por el optimizador) a fin de obtener los valores de tensión deseados. Esta desviación con respecto a las potencias calculadas por el optimizador implica un deterioro de la solución, que se evidencia en la práctica con el incremento de las pérdidas en la red.

Mientras los nodos de la red sean modelados como de potencia controlada PQ (como es usual), es posible obtener una red cercana a la económicamente óptima calculada. Por otro lado, al incrementar el número de nodos donde se realiza el control de tensión, el flujo de potencia resultante implicará la obtención de una red cada vez peor en términos de pérdidas de potencia. Será entonces decisión del usuario si es adecuado o no permitir el aumento en el flujo de potencia y pérdidas por las líneas con tal de obtener la regulación de tensión deseada.

### 3.2.5 Metodología aplicada al control terciario

Partiendo de la red planteada, se seleccionaron un conjunto específico de líneas, definiendo así un diseño establecido. Utilizando esta red, se realizaron simulaciones considerando variaciones tanto en los consumos de potencia como en la capacidad de generación disponible.

Para cada escenario se utiliza la metodología de control (control terciario) para determinar el punto de operación técnico-económicamente óptimo de los generadores. Por lo tanto, en cada solución se obtiene el punto de generación de los generadores, definido por la tensión nodal en magnitud y ángulo y la potencia activa y reactiva inyectada a la red.

Igualmente, en caso de variaciones en la configuración, como por ejemplo por líneas fuera de servicio por falla o mantenimiento, el método es capaz de calcular la nueva interconexión óptima, la cual podría ser establecida mediante comandos de apertura y cierre de interruptores de línea.

Los nodos fuente o puntos de conexión de generación fueron simulados como nodos de factor de potencia controlada (nodos PQ).

En las simulaciones siguientes, la fuente del nodo 9 se considera como una fuente de energías renovables mientras que la fuente del nodo 8 representa la subestación en el punto de conexión de la microrred a la red de transmisión. A fin de maximizar el aprovechamiento de la energía renovable y minimizar la cantidad de energía a importar desde la red de suministro, la potencia mínima de la subestación se acota para permitir en primer lugar el aprovechamiento de la energía disponible en los parques de generación de energía renovable (representado por el nodo 9).

La figura 41 muestra la red interconectada inicial a partir de la cual se realizarán variaciones para evaluar la respuesta del método. Los valores de potencia indicados en las flechas son aquellos calculados por el optimizador mientras que los presentados en las tablas corresponden a la potencia total generada por las fuentes determinadas por el flujo de carga de la red.

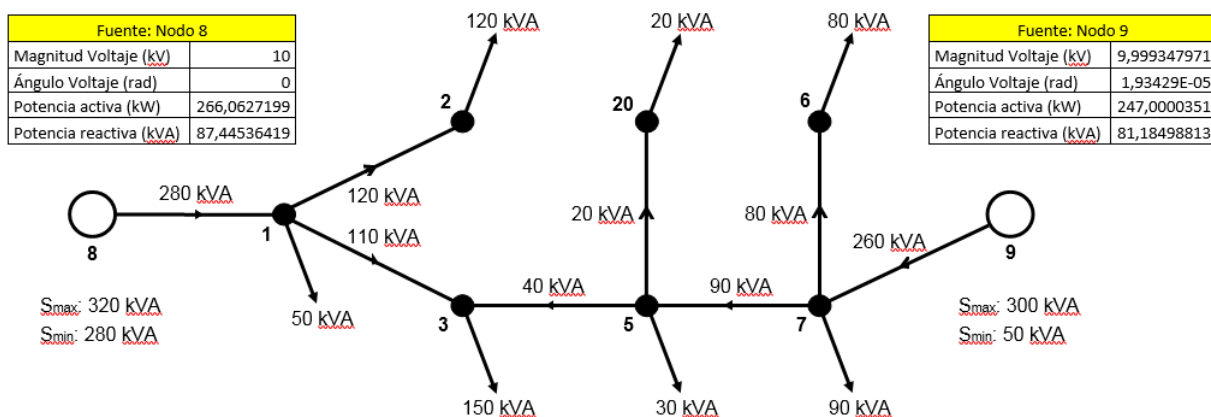


Figura 41. Metodología de control – Red inicial

A partir de esta red inicial no lineal se plantean variaciones en la demanda y la capacidad de generación.

Las figuras 42 a 49 muestran las soluciones obtenidas para cada uno de los eventos simulados. Las variaciones son indicadas en color rojo.

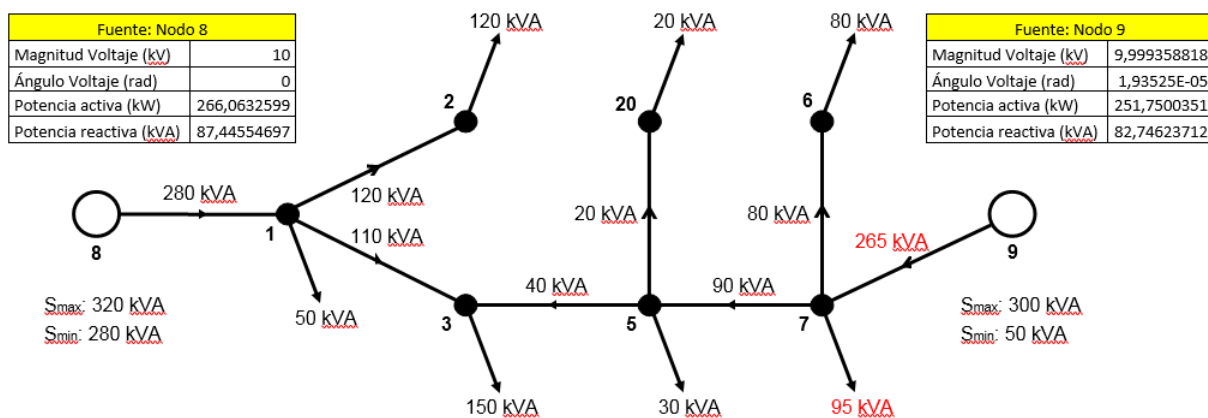


Figura 42. Metodología de control – Escenario 1

En la figura 42 se observa que al incrementar la demanda en el nodo 7, el algoritmo de control propuesto ordena el ajuste del punto de operación de los generadores para aumentar la generación de la fuente en el nodo 9.

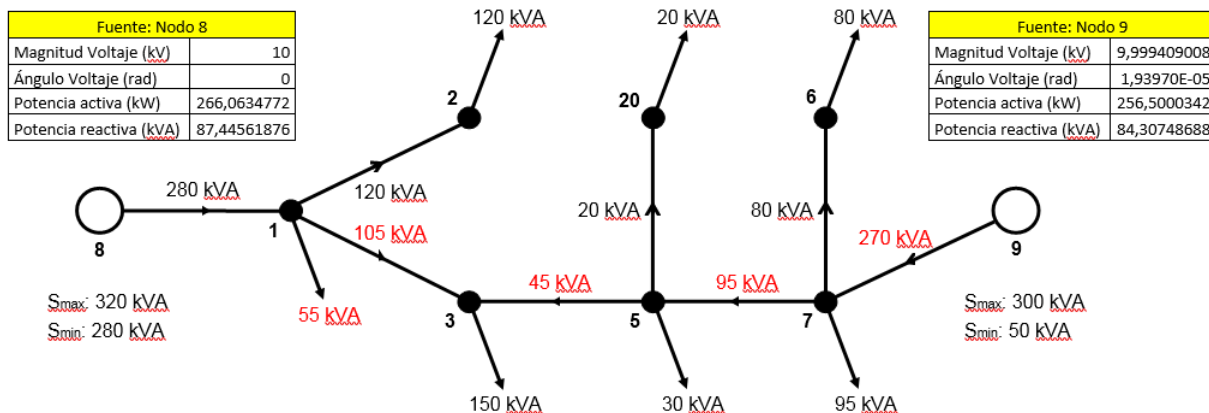


Figura 43. Metodología de control – Escenario 2

En la figura 43 se observa que al incrementar la demanda en el nodo 1, el algoritmo de control propuesto ordena el ajuste del punto de operación de los generadores para aumentar la generación de la fuente en el nodo 9.

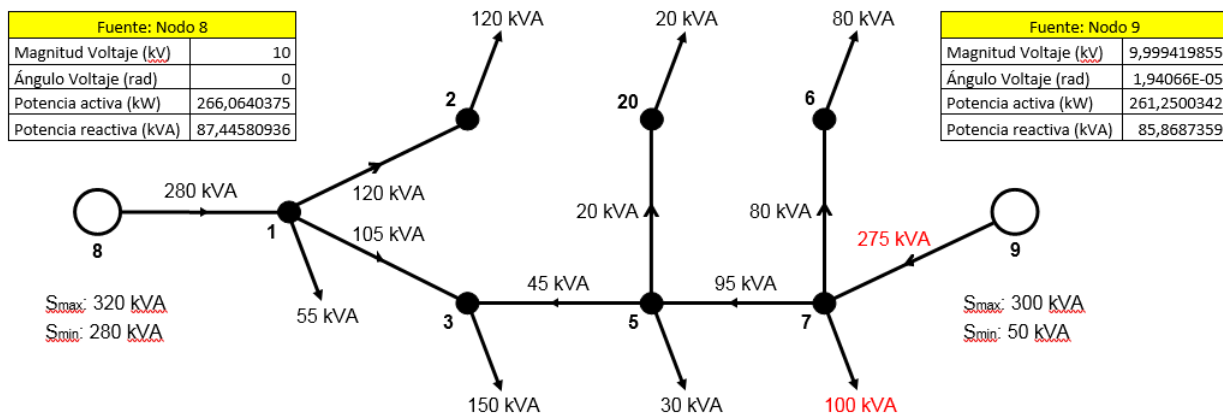


Figura 44. Metodología de control – Escenario 3

En la figura 44 se observa que al incrementar la demanda en el nodo 7, el algoritmo de control terciario propuesto ordena el ajuste del punto de operación de los generadores de manera que la generación de la fuente en el nodo 9 aumenta.



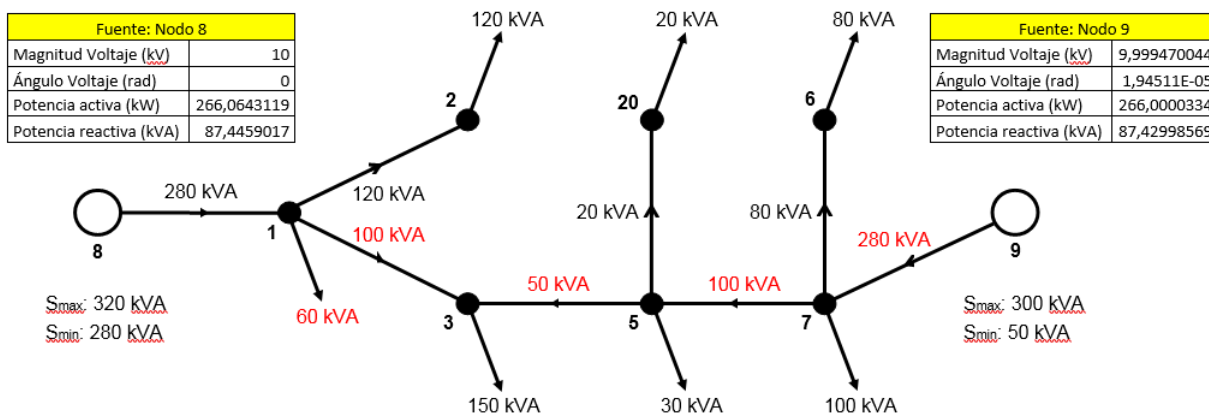


Figura 45. Metodología de control – Escenario 4

En la figura 45 se observa que al incrementar la demanda en el nodo 1, el algoritmo de control terciario propuesto ordena el ajuste del punto de operación de los generadores de manera que la generación de la fuente en el nodo 9 aumenta.

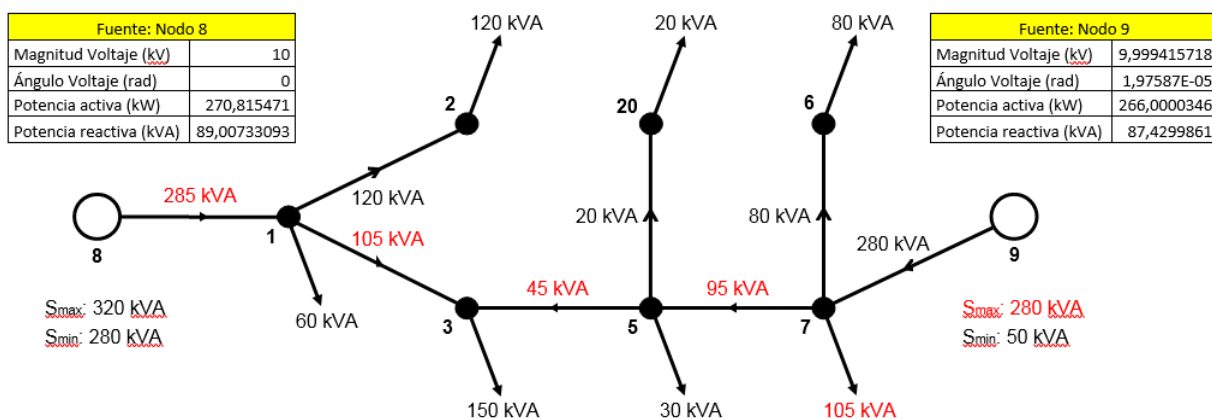


Figura 46. Metodología de control – Escenario 5

En la figura 46 se observa que al incrementar la demanda en el nodo 7, el algoritmo de control terciario propuesto ordena el ajuste del punto de operación de los generadores de manera que la generación de la fuente en el nodo 8 aumenta debido a que la fuente del nodo 9 ha llegado a su límite máximo.

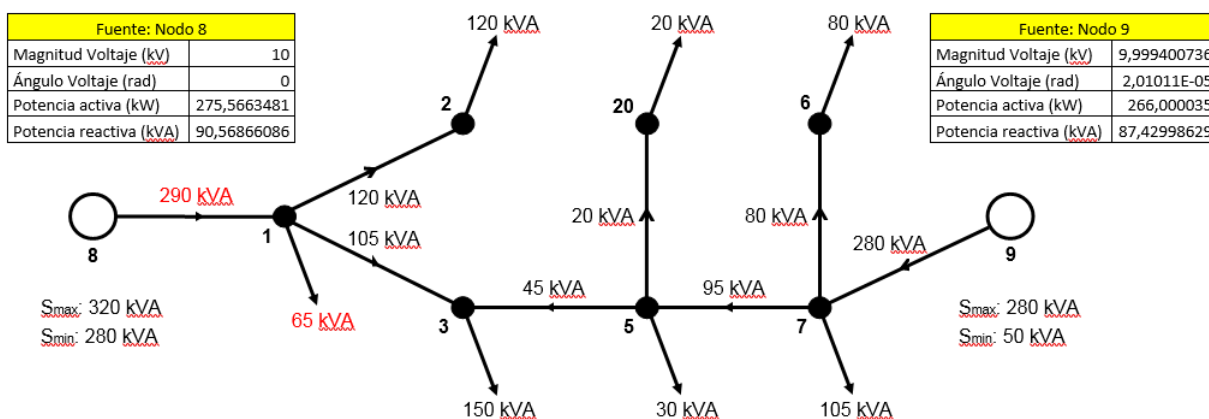


Figura 47. Metodología de control – Escenario 6

La figura 47 muestra que al incrementar la demanda, la generación adicional depende de la fuente del nodo 8 pues la fuente en el nodo 9 está en su máximo.

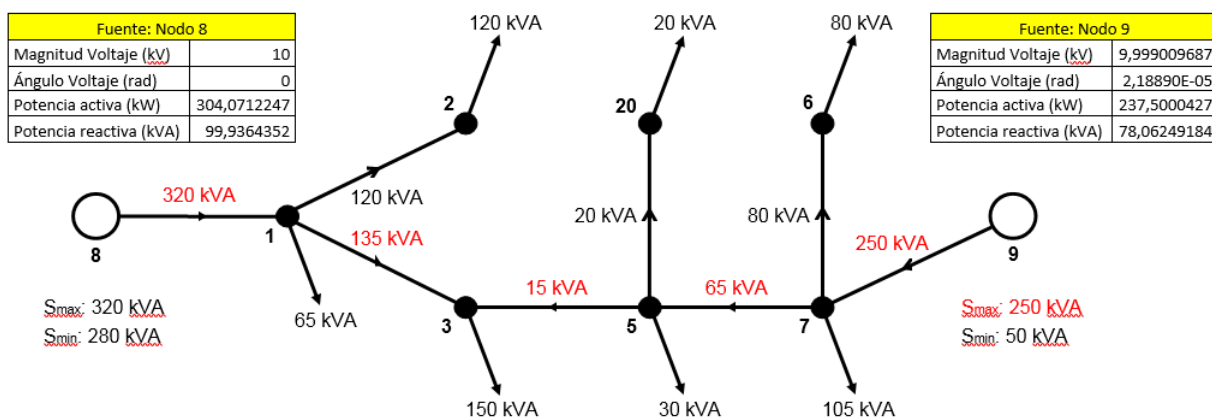
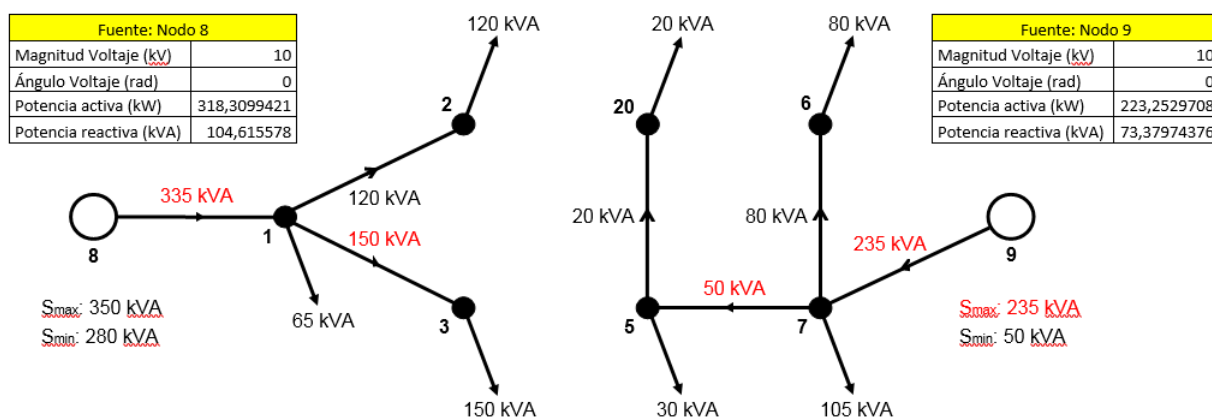


Figura 48. Metodología de control – Escenario 7

La figura 48 muestra un escenario en el que la fuente en el nodo 9 que representa un parque de energía renovable, celdas solares por ejemplo, presenta una reducción en la capacidad de generación disponible. La potencia demandada remanente debe ser suministrada entonces aumentando la energía importada desde la red de suministro a través de la subestación en el nodo 8.



**Figura 49. Metodología de control – Escenario 8**

En el escenario que se muestra en la figura 49, la capacidad de la fuente del nodo 9 se ha reducido aún más, por lo que resulta necesario incrementar la energía importada desde la red de transmisión.

En este caso la solución calculada implica la creación de dos redes radiales desconectadas, demostrando así la aplicabilidad del método tanto para redes conectadas en isla como conectadas a la red, así como se demuestra su aplicabilidad para calcular la solución óptima independientemente del tipo de configuración resultante (radial o mallada).

En caso de que la microrred posea la capacidad suficiente como para exportar energía a la red, la configuración y operación óptima puede calcularse con el método propuesto, modelando la potencia activa y reactiva disponible como un nodo de demanda conocida PQ con los valores de potencia disponible de la microrred. Los requisitos en el punto de conexión (como por ejemplo el factor de potencia o la tensión) se determinan por el controlador de la red de transmisión, en función de la legislación vigente de cada país.



## 4 CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS DE TRABAJO

### 4.1 CONCLUSIONES

A continuación se presentan las conclusiones a las que es posible llegar tras haber presentado y evaluado el comportamiento del método de planificación óptima y control de redes eléctricas propuesto.

- La metodología de planificación óptima desarrollada, basada en la combinación del método de asignación de pesos y el *e-constraint*, permite calcular el conjunto total de soluciones no dominadas (frente de Pareto) del problema de planificación de redes eléctricas de baja y media tensión.
- El modelo utilizado y el algoritmo propuesto permiten realizar tanto el diseño óptimo de la red como ejercer el control terciario en redes inteligentes tipo microrredes, ajustando el punto de operación de los generadores y la configuración de la red a valores técnica y económicamente eficientes.
- El algoritmo de ramificación de *Branch and Bound*, aplicado a problemas de optimización del tipo lineal, permite calcular las soluciones mínimas globales, evitando entonces la utilización de reglas especiales de sintonización que son necesarias al resolver el problema no lineal usando algoritmos basados en reglas heurísticas.
- El error introducido por la linealización debe ser corregido a fin de evitar la convergencia a soluciones erradas.
- El algoritmo de corrección de la linealización presentado permite corregir el error y calcular las soluciones exactas del problema no lineal. La calidad de las soluciones obtenidas se verifica al compararlas con las obtenidas para modelaciones del tipo no lineal y con referencias reportadas en la literatura para el caso de estudio.
- El ajuste de la linealización propuesto, basado en la proporcionalidad entre el error de la densidad de corriente asumida inicialmente y la potencia de pérdidas activas calculadas para cada línea, permitió obtener los resultados correctos y por lo tanto las soluciones no dominadas del problema.

- Un adecuado ajuste de la linealización permite no solo corregir una solución específica, sino que permite también orientar la búsqueda hacia un espacio de solución que permita la aparición de soluciones que, de no haber corregido el punto de linealización, permanecerían ocultas.
- Es recomendada la utilización de algoritmos de flujo de carga adecuados para redes de baja y media tensión y cuya aplicabilidad sea independiente de la topología de la red (radial o mallada), tales como el *Newton-Raphson* clásico y el FCRB. De esta manera es posible obtener la red más eficiente independientemente de la configuración resultante.
- El modelado de fuentes como nodos de potencia controlada PQ permite mantener los valores económicamente eficientes calculados, en cambio, al modelar las fuentes como nodos con regulación de tensión, la potencia reactiva generada se recalcula y se establece al valor adecuado para lograr el valor de tensión especificado. Este incremento en el flujo de potencia incrementa a su vez el costo por pérdidas de potencia, introduciendo en definitiva una desviación con respecto a las potencias óptimas calculadas.

Mientras mayor sea el número de fuentes definidas como nodos de potencia controlada PQ, como suele ocurrir en redes de baja y media tensión debido a la relación X/R de las líneas y la dificultad de regular tensión mediante potencia reactiva, será más factible fijar las potencias a los valores óptimos calculados. Por esta razón, se recomienda el modelado de las fuentes como nodos de potencia (y factor de potencia) controlados PQ. En caso de desear un ajuste final de la tensión nodal, esta puede también ser realizada mediante el cambiador de tomas del transformador que se utiliza típicamente para la conexión de las fuentes a la red.

- El algoritmo de control terciario presentado, basado en la minimización de pérdidas de potencia activa en la red, permite calcular los puntos de operación eficientes de los generadores en la microrred, manteniendo los valores factor de potencia, potencia reactiva y tensión dentro de los rangos aceptables según las regulaciones aplicables.

## 4.2 PERSPECTIVAS DE TRABAJO

A partir de los resultados y conclusiones presentados en esta tesis, resulta de interés continuar desarrollando ciertas aplicaciones derivadas de la metodología propuesta.

Considerando los tiempos de respuesta necesarios para determinar acciones de despacho de generación en redes con control a “tiempo real”, se recomienda estudiar la implementación del algoritmo de optimización presentado, pero utilizando en su formulación el flujo de carga directo no iterativo lineal propuesto. El uso de este algoritmo de flujo de carga podría reducir considerablemente el tiempo necesario para el cálculo de la solución.

Sería interesante evaluar el comportamiento del modelo al incorporar objetivos adicionales como la confiabilidad o inclusive factores medioambientales. Estos objetivos podrían definirse en la misma formulación del modelo o podrían analizarse luego de haber calculado las soluciones de Pareto, para la elección de la solución más adecuada.

Finalmente, sería de interés extender el alcance del estudio de planificación óptima a redes desbalanceadas.





## 5 BIBLIOGRAFÍA

- [1] Bernal, J. L.: “Aplicación de Algoritmos Genéticos al Diseño Óptimo de Sistemas de Distribución de Energía Eléctrica”. Tesis Doctoral. Universidad de Zaragoza. 1998.
- [2] Gomez, J. F.: “Planificación óptima de Redes de Distribución Utilizando el Algoritmo de la Colonia de Hormigas”. Trabajo de grado de Maestría, Universidad Simón Bolívar, Venezuela. Sartenejas, 2001.
- [3] Ponnavaikko, M. ; K.S. Rao.: “Optimal Distribution System Planning”, IEEE Trans. on Power Apparatus and Systems, 1981, PAS-100 (6), pp. 2969-2977.
- [4] Mousavizadeh, S.; Haghifam, M.R.: "Load flow calculations in AC/DC distribution network including weakly mesh, distributed generation and energy storage units". Electricity Distribution (CIRED 2013), 22nd International Conference. June 2013.
- [5] R. H. Lasseter: "MicroGrids," 2002 IEEE Power Engineering Society Winter Meeting. Conference Proceedings (Cat. No.02CH37309), 2002, New York, NY, USA, vol.1, pp. 305-308.
- [6] Farhangi, Hassan.: “The path of the smart grid”. IEEE Power and Energy Magazine, vol. 8, nº 1, pp. 18 - 28, 2010.
- [7] Hingorani, G. N., Gyugyi, L.: “Understanding FACTS: Concepts and Technology of Flexible AC Transmission Systems”. The Institute for Electrical and Electronics Engineers, Inc., New York, 2000.
- [8] L. Gyugyi; “Power Electronics in Electric Utilities: Static VAR Compensators”, Proceedings of IEEE, Vol. 76, No. 4, pp. 483-494, abril 1998.
- [9] N. G. Hingorani: “Flexible AC Transmission System (FACTS) – Overview”, IEEE Spectrum, pp 40-45, abril 1993.
- [10] L. Gyugyi, N. G. Hingorani, P. R. Nannery, N. Tai: “Advanced Static Var Compensator Using Gate Turn-Off Thyristors for Utility Applications”, CIGRE, 23-203, 1990, Francia.
- [11] L. Gyugyi “Solid-state Control of Electric Power in AC Transmission Systems”, International Symposium on Electric Energy Conversion in Power Systems. No. Y IP. 4, Italia, 1989.
- [12] Bermúdez, Juan F.: “Análisis de Flujo de Carga en Sistemas Eléctricos de Potencia”, Marzo 1994.
- [13] Short, T. A.: “Electric Power Distribution Handbook”, CRC Press LLC, 2004.

- [14] Brenna, M. Faranda, R. Tironi, E.: "Non-conventional Distribution Network Schemes Analysis with Distributed Generation", IEEE Transactions on Power Systems, vol. 17, No. 2, May 2002.
- [15] EPRI Electrical Power Research Institute web site: <http://www.epri.comnewsletter.asp?issueid=223603&marketid=8&targetid=83&article=#ARTICLE7>.
- [16] Zhangjie, Wupeng, Hongjie: "Control strategy of microgrid inverter operation in grid connected and grid disconnected modes", 2011 International conference on electric information and control engineering (ICEICE), Wuhan, 2011.
- [17] Nikkhajoei, Hassan y Lasseter, Robert H.: "Microgrid protection", IEEE Power Engineering Society General Meeting, Tampa, USA, 2007.
- [18] EURELECTRIC, Active Distribution System Management: "A key tool for the smooth integration of distributed generation, Full discussion paper", February 2013.
- [19] Guerrero, J.M., Vasquez, J.C., Matas, J., de Vicuña, L.G. Castilla, M.: "Hierarchical Control of droop Controlled AC and DC Microgrids - A General Approach Toward Standardization", IEEE Transactions on Industrial Electronics, vol. 58, n° 1, pp. 158-172, January 2011.
- [20] T.C. Green y M. Prodanovic: "Control of inverter-based micro-grids", Electric power systems research, vol. 77, n° 9, pp. 1204 - 1213, 2007.
- [21] Nagaraju Pogaku, Milan Prodanovic and Timothy C. Green: "Modeling, analysis and testing of autonomous operation of an inverter based microgrid", IEEE Transactions on power electronics, vol. 22, n° 2, pp. 613 - 625, March 2007.
- [22] Chen, Wai-Kai, "The Electrical Engineering Handbook", Elsevier Academic Press (Elsevier Inc.) ISBN: 0-12-170960-4, 2005.
- [23] Pedrasa, M. and Spooner, T.: "A Survey of Techniques Used to Control Microgrid Generation and Storage during Island Operation", 16th Australasian Universities Power Engineering Conference (AUPEC2006), Melbourne, 10-13 December 2006.
- [24] J. A. Peças Lopes, C. L. Moreira, A. G. Madureira: "Defining Control Strategies for MicroGrids Islanded Operation", IEEE Transactions on Power Systems, vol. 21, n° 2, pp. 916 - 924, 2006.

- [25] Ahumada Sanhueza, C. A: “Diseño de Estrategias de Control Predictivas para Microredes Mediante Curvas de Estatismo”, Tesis para optar por el título de magister en ciencias mención eléctrica. Universidad de Chile, Santiago de Chile, 2013.
- [26] Juan Carlos Vasquez, Josep M. Guerrero, Mehdi Savaghebi, Joaquin Eloy-Garcia. Remus Teodorescu: “Modeling, analysis, and design of stationary reference frame droop controlled parallel three-phase voltage source inverters”, IEEE Transactions on industrial electronics, vol. 60, nº 4, pp. 1271 - 1280, 2013.
- [27] J.M. Guerrero, J. Matas, L. Garcia de Vicuña, M. Castilla, J. Miret: “Decentralized control for parallel operation of distributed generation inverters using resistive output impedance”, IEEE Trans. Ind. Electron., vol. 54, no. 2, pp. 994-1004, April 2007.
- [28] J.C. Vasquez, J.M. Guerrero, J. Miret, M. Castilla, L. Garcia de Vicuña: “Hierarchical control of intelligent microgrids”, IEEE Ind. Electron. Mag., vol. 4, no. 4, pp. 23-29, Dec. 2010.
- [29] J.M. Guerrero, L. Garcia de Vicuña, J. Matas, M. Castilla, J. Miret: “A wireless controller to enhance dynamic performance of parallel inverters in distributed generation systems”, IEEE Trans. Power Electron., vol. 19, no. 5, pp. 1205-1213, Sept. 2004.
- [30] J.M. Guerrero, J.C. Vasquez, J. Matas, M. Castilla, L. Garcia de Vicuña: “Control strategy for flexible microgrid based on parallel line-interactive UPS systems”, IEEE Trans. Ind. Electron., vol. 56, no. 3, pp. 726-736, March 2009.
- [31] J.M. Guerrero, J. Matas, L. Garcia de Vicuña, M. Castilla, J. Miret: “Wireless-control strategy for parallel operation of distributed-generation inverters”, Trans. Ind. Electron., vol. 53, no. 5, pp. 1461-1470, Oct. 2006
- [32] J.M. Guerrero, L. Garcia de Vicuña, J. Matas, M. Castilla, J. Miret: “Output impedance design of parallel-connected UPS inverters with wireless load-sharing control”, IEEE Trans. Ind. Electron., vol. 52, no. 4, pp. 1126-1135, Oct. 2005.
- [33] Martines, M. A.: “Gestión óptima de potencia reactiva en sistemas eléctricos con generación eólica”. Universidad Carlos III de Madrid, tesis doctoral, 2010.
- [34] Tan, Sicong, Xu, Jianxin y Panda, Sanjib Kumar: “Optimization of distribution network incorporating microgrid using vaccine-AIS”, 38th Annual Conference on IEEE Industrial Electronics Society, Montreal, Canada, 2012.
- [35] Barklund, E., Pogaku, Nagaraju, Prodanović, Milan, Hernandez-Aramburo, Carlos A., Green, Timothy C.: “Energy management system with stability constraints for stand-alone

- autonomous microgrid”, IEEE International Conference on System of Systems Engineering, San Antonio, USA, 2007.
- [36] Li, Jinwei, Su, Jianhui, Yang, Xiangzhen y Zhao, Tao: “Study on microgrid operation control and black start”, 4th International Conference on Electric Utility Deregulation and Restructuring and Power Technologies (DRPT), July 2011
- [37] Palma-Behnke, R., Benavides, C., Lanas, F., Severino, B., Reyes, L., Llanos, J., Saez, D.: “A microgrid energy management system based on the rolling horizon strategy”, IEEE Transactions on Smart Grid, vol. pp, n° 99, pp. 1-11, 2013.
- [38] STARGRID, FP7-318782 report: “D3.2 Standardization Document Analysis”, Version 1.2, Submission date, May 2014.
- [39] Mendoza, F. Bernal-Agustin, J.L. Dominguez-Navarro, J. A.: “NSGA and SPEA Applied to Multiobjective Design of Power Distribution Systems”, IEEE Transactions on Power Systems, Vol. 21 NO. 4, November 2006.
- [40] Gönen T., Foote B. L.: “Distribution-System Planning using Mixed- Integer Programming”, IEE Proceedings, Pt. C, Vol.128, No. 2, pp.70-79. 1981.
- [41] Neimane, Victoria: “On Development Planning of Electricity Distribution Networks”, Doctoral Dissertation. Royal Institute of Technology. Stockholm. 2001.
- [42] Climaco, J. C. N. and Traca-Almeida, A.: “Planning of power distribution networks using multiobjective programming”, In Proceedings of the Eighth Power Systems Computation Conference., pages 102-106 BN - 0-408-01468-7, Helsinki, Finl. Butterworths, London, England, 1984.
- [43] Barrenechea, R., De Oliveira, P.: “Planificación a mediano plazo de redes de distribución eléctrica mediante algoritmos linealizados de optimización multicriterio”, Tesis de maestría presentada ante la Universidad Simón Bolívar, Caracas, Venezuela 2010.
- [44] De Oliveira, P.M. De Leao, M. T.: “Remunerations of Distribution Networks using a Fuzzy Multicriteria Planning Algorithm”; 9th International Conferencia on Probabilistic Methods Applied to Power Systems KTH, Estocolmo, Suecia. Junio 2006.
- [45] Ignizio, James: “P. Linear Programming in Single & Multiple Objctive Systems”, Prentice Hall. The Pennsylvania State University. 1982.
- [46] Paiva, P. Khodr, H. M., Dominguez-Navarro, J. A., Yusta, J. M., Urdaneta, A. J.: “Integral Planning of Primary Secondary Distribution Systems Using Mixed Integer Linear Programming”; IEEE Transactions on Power Systems, vol. 20, No. 2, May 2005.

- [47] Murty, Katta G.: "Operations Research Seterministic Optimization Models". Prentice Hall. Edición 01, New Jersey. 1995.
- [48] Willis, H. L.: "Spatial Electric Load Forecasting", Taylor & Francis, CRC Press, 2<sup>nd</sup> edition Ltd, 2002.
- [49] Knight, U.G.: "The Logical Design of Electrical Networks Using Linear Programming Methods", 1960, Proceedings, IEE, Vol.33A, pp. 306-319.
- [50] Nash, Stephen, Sofer, Ariela: "Linear and Nonlinear Programming", McGraw hill series in industrial engineering and management science, New York, 1996.
- [51] Ramírez-Rosado, I.J., T. Gönen: "Pseudodynamic Planning for Expansion of Power Distribution Systems. IEEE Trans. on Power Systems", PWR6-6 (1), pp. 245, 1991.
- [52] Sun, D.I., D.R. Farris, P.J. Cote, R.R. Shoultz, M.S. Chen.: "Optimal Distribution Substation and Primary Feeder Planning Via the Fixed Charge Network Formulation", IEEE Trans. on Power Apparatus and Systems, PAS-101 (3), pp. 602- 609, 1982.
- [53] Kuwabara, H. Nara K.: "Multi-Year and Multi-State Distribution System Expansion Planning by Multi-Stage Branch Exchange", IEEE Trans. on Power Delivery, 1997, PWRD-12 (1), pp. 457-463.
- [54] Gönen T., Ramírez-Rosado, I. J.: "Optimal Multi-Stage Planning of Power Distribution Systems", IEEE Trans. on Power Delivery, 1987, PWRD-2 (2), pp. 512-519. 1987.
- [55] Gönen, T., Ramírez-Rosado I. J.: "Review of Distribution System Planning Models: A Model for Optimal Multistage Planning", IEE Proceedings Part. C, Vol.133, N°7, pp. 397-408. 1986.
- [56] Youssef, H.K., R. Hackam: "Dynamic Solution of Distribution Planning in Intermediate Time Range", IEEE Trans. on Power Delivery, 1988, PWRD-2 (4), pp. 341-348.
- [57] Gönen, T., Foote, B. L.: "Mathematical dynamic optimization model for electrical distribution system planning", Electr. Power and Energy Sist., 1982, 4, (2), pp 129-136.
- [58] Willis, H.L: Northcote-Green: "Comparison of Several Computerized Distribution Planning Methods, IEEE Trans. on Power Apparatus and Systems", 1985, PAS-104 (1), pp. 233-240.
- [59] Coello, Carlos A., Van Veldhuizen, David A., Lamont, Gary B.: "Evolutionary algorithms for solving multi-objective problems", Genetic algorithms and evolutionary computation - 5. Kluwer Academic, New York, 2002.
- [60] Land, A. H. Doig, A. G.: "An Automatic Method of Solving Discrete Programming Problems, Econométrica", vol. 28, núm. 3, 1960.

- [61] Farrag, M.A. Metwally, M.M. El-Bages, M.S.: "A new model for distribution system planning", *Electrical Power and Energy Systems* 21,1999, pp 523-531.
- [62] K. Hussein: "Modelo para la optimización de redes secundarias de distribución utilizando algoritmos híbridos", VIII Encuentro Regional Latinoamericano de la Cigre. Publicación C37-32, Junio 1999.
- [63] Khodr, H.M. De Oliveira, P. M.: "Programación lineal aplicada la diseño de sistemas de distribución de gran tamaño". III Congreso Venezolano de Ingeniería Eléctrica CVIE'2002, CD: Memorias. Vol1. pp.24-28. pp. 24 – 28, Caracas, Venezuela. Noviembre 2002.
- [64] Shrosbree, Denis: "Planificación de la Red Secundaria de Distribución y su Efecto Sobre la Red Primaria", Proyecto de grado, Universidad Simón Bolívar; Sartenejas, Venezuela. 2003.
- [65] Domínguez, J. A.: "Modelos para la Planificación de Redes de Distribución Eléctrica Asistida por Computador Aplicando Técnicas Matemáticas Fuzzy", Tesis Doctoral. Universidad de Zaragoza. 2000.
- [66] Adams, R.N., M.A. Laughton: "Optimal Planning of Power Networks using Mixed-Integer Programming", *Proceedings IEE*, 1974, Vol.121, N°2, pp. 139-147.
- [67] Masud, E.: "An Interactive Procedure for Sizing and Timing Distribution Substations Using Optimization Techniques", *IEEE Trans. on Power Apparatus and Systems*, 1974 PAS-93 (5), pp. 1281-1286.
- [68] Crawford, D.L., S.B. Holt: "A Mathematical Optimization Technique for Locating and Sizing Distribution Substations, and Deriving their Optimal Service Areas", *IEEE Trans. on Power Apparatus and Systems*, 1974, PAS-94 (2), pp. 230-235.
- [69] Hindi, K.S., A. Brameller: "Design of Low-Voltage Distribution Networks: A Mathematical Programming Method", *Proceedings IEE*, 1977, Vol.124, N°1, pp. 54-58.
- [70] Wall, D.L., G.L. Thompson, J.E.D. Northcote-Green: "An optimization Model for Planning Radial Distribution Networks", *IEEE Trans. on Power Apparatus and Systems*, 1979, PAS-98 (3), pp. 1061-1068.
- [71] Kaplan, M., A. Braunstein: "Contribution to the Determination of the Optimum Site for Substation", *IEEE Trans. on Power Apparatus and Systems*, 1981, PAS-100 (5), pp. 2263-2270.

- [72] Thompson, G. L., Wall, D. L. "A Branch and Bound Model for Choosing Optimal Substation Locations", IEEE Trans. On Power Apparatus and Systems, 1981, PAS – 100 (5), pp. 2683-2688
- [73] Fawzi, T.H., K.F. Ali, S.M. El-Sobki: "Routing Optimization of Primary Rural Distribution Feeders", IEEE Trans. on Power Apparatus and Systems, 1982, PAS-101 (5), pp. 1129-1133.
- [74] Fawzi, T.H., K.F. Ali, S.M. El-Sobki: "A New Planning Model for Distribution Systems", IEEE Trans. on Power Apparatus and Systems, 1983, PAS-102 (9), pp. 3010-3017.
- [75] El-Kady, M.A.: "Computer-Aided Planning of Distribution Substation and Primary Feeders", IEEE Trans. on Power Apparatus and Systems, 1984 PAS-103 (6), pp.1183-1189.
- [76] Youssef, H.K., et. al.: "Novel Optimization Model for Long Range Distribution Planning", IEEE Trans., 1985, PAS-104 (11), pp. 3195-3202
- [77] Ponnavaikko, M., K.S.P. Rao; S.S. Venkata, (1987). "Distribution System Planning through a Quadratic Mixed Integer Programming Approach", IEEE Trans. on Power Delivery, 1987, PWRD-2 (4), pp. 1157-1163.
- [78] Ben-Dov, E., R.G. Harley, W.J. Seymore: "Design of an Reticulation System for a Residential Area", IEEE Trans. on Power Systems, 1987, PWRS-2 (1), pp. 210
- [79] Tram, H.N., D.L. Wall: "Optimal Conductor Selection in Planning Radial Distribution Systems", IEEE Trans. on Power Systems, 1988, PWRS-3 (1), pp. 200-206.
- [80] Partanen, J.: "A Modified Dynamic Programming Algorithm for Sizing Locating and Timing of Feeder Reinforcements", IEEE Trans. on Power Delivery, 1990, PWRD-5 (1), pp. 277-283.
- [81] Hsu, Y.Y., J.L. Chen: "Distribution planning using a knowledge based expert system", IEEE Trans. on Power Delivery, 1990, PWRD-5 (3), pp. 1514-1519.
- [82] Aoki, K.K., Nara, T., Satoh, M., Kitagawa, K. Yamanaka: "New Approximate Optimization Method for Distribution System Planning", IEEE Trans. On Power Systems, 1990, PWRS-5 (1), pp. 126-132.
- [83] Marshall, A.C., T.B. Boffey, J.R. Green, H. Hague: "Optimal Design of Electricity Distribution Networks", Proceedings IEE, 1991, Vol.138, Pt. C, N°1, pp. 69-77.
- [84] Nara, K., T., Satoh, H., Kuwabara, K. Aoki, M. Kitagawa: "Multi-Year Expansion Planning for Distribution Systems", 1991, IEEE Trans. on Power Systems, PWRS, 6 (3), pp. 952-958.

- [85] Nara, K., T. Satoh, H. Kuwabara, K. Aoki, M. Kitagawa, T. Ishihara: "Distribution Systems Expansion Planning by Multi-Stage Branch Exchange", IEEE Trans. on Power Systems, 1992, PWRS-7 (1), pp. 208-214.
- [86] Kagan, N., Adams, R.N: "Benders' decomposition approach to the multi-objective distribution planning problems", International Journal of Electrical Power and Energy System, 1993, 15, (5):259-271.
- [87] Nara, K., H. Kuwabara, M. Kitagawa, K. Ohtaka.: "Algorithm for Expansion Planning in Distribution Systems Taking Faults into Consideration", IEEE Trans. on Power Systems, 1994, PWRS-9 (1), pp. 324-330.
- [88] Miranda, V., J.V. Ranito, L.M. Proença: "Genetic Algorithms in Optimal Multistage Distribution Network Planning", IEEE Trans. on Power Systems, 1994, PWRS-9 (4), pp. 1927-1933.
- [89] Ramírez-Rosado, I.J.: "Computer Aided Design of Electric Power Distribution Networks: Solutions Via Multiobjective Optimization", Secretariado de Publicaciones de la Universidad de Zaragoza, 1991.
- [90] Ramírez-Rosado, I.J.: "Planificación de Sistemas de Distribución de Energía Eléctrica Mediante Técnicas de Optimización Avanzadas", Secretariado de Publicaciones de la Universidad de Zaragoza, 1992.
- [91] Ramírez-Rosado I.J., R.N. Adams: "Multiobjective Planning of the Optimal Voltage Profile on Electric Power Distribution Systems", The International Journal for Computation and Mathematics in Electrical and Electronic Engineering, 1991, Vol. 10, No. 2, pp. 115-128.
- [92] Ramírez-Rosado I.J., R.N. Adams, T. Gönen: "Computer Aided Design of Power Distribution Systems: Multiobjective Matematical Simulations", International Journal of Power and Energy Systems, 1995, Vol. 14, No. 1, pp. 9-12.
- [93] Ramírez-Rosado, I.J., C. Alvarez-Bel: "Applications of Multiobjective Models to Power-Distribution Systems Design", International Journal of Power and Energy Systems, 1995, 15, (2), pp. 54-60.
- [94] Leung, L.C., Khator, S.K., J.C. Schnepf: "Planning Substation Capacity Under the Single-Contingency Scenario", IEEE Trans. on Power Systems, 1995, PWRS-10 (3), pp. 1442-1447.



- [95] Ponce de Leao, M.T. Matos, M.A.: "Fuzzy Modelling of Independent Producers for Multicriteria Electric Distribution Planning", IEEE/KTH Stockholm Power Tech Conference, Stockholm, Sweden, June 18-22, pp. 826-831.1995.
- [96] Ramírez-Rosado I.J., J.A. Domínguez-Navarro: "Distribution Planning of Electric Energy Using Fuzzy Models", International Journal of Power and Energy Systems, 1996, Vol. 16, No. 2, pp.49-55.
- [97] Ponce de Leao, M.T. Matos, M.A.: "Electric distribution systems planning with fuzzy loads". International Transactions in Operational Research, 1995, 2, (3):287-96.1995.
- [98] Kagan, N, Oliveira C.C.B.: "A fuzzy constrained decision planning tool to model uncertainties in multiobjective configuration problems", In Proceedings of International Conference on Intelligent System Application to Power Systems, Feb. 1996, p. 271-5. Orlando, FL, USA, IEEE.
- [99] Tang Y.: "Power Distribution System Planning with Reliability Modeling and Optimization", IEEE Trans. on Power Systems, 1996, PWRS-11 (1), pp. 181-189.
- [100] Lo, K.L., I. Nashid: "Interactive expert system for optimal design of electricity distribution systems", IEE Proceedings Generation, Transmission and Distribution, 1996, Vol. 143, N° 2, pp. 151-156.
- [101] Goswami, S.K.: "Distribution System Planning using Branch Exchange Technique", IEEE Trans. on Power Systems, 1997, PWRS-12 (2), pp. 718-723.
- [102] Nara K., Y. Hayashi, S. Muto; K. Tsuchida: "A New Feeder Route Determination Algorithm by Dijkstra Method and Tabu Search", ISAP'97, 1997, pp. 448-452.
- [103] Ramirez-Rosado I.J., J.L. Bernal-Agustín: "Genetic Algorithms Applied to the Design of Large Power Distribution Systems", IEEE Trans. on Power Systems, 1998, PWRS-13(2), May 1998, pp. 696-703
- [104] Miranda V., L.M. Proença: "Probabilistic Choice vs. Risk Analysis - Conflicts and Synthesis in Power System Planning", IEEE Trans. on Power Systems, 1998. PWRS-13, (3), pp. 1038-1043.
- [105] Míguez E.: "Herramientas para la Planificación de Redes de Distribución en Áreas de Población Dispersa", Tesis doctoral por la Universidad de Vigo, Febrero 1999.
- [106] Neimane, V. and Andersson, G.: "Distribution networks reinforcement planning: a dynamic multi-criteria approach", IEEE Proceedings of 1999 PowerTech Conference, Sept. 1999, page 260, Budapest, Hungary.

- [107] Ramírez-Rosado, I.J. and Bernal-Agustin, J.L.: “Reliability and costs optimization for distribution networks expansion using an evolutionary algorithm”, *IEEE Transactions on Power Systems*, 200, 16, (1), pp. 111-118.
- [108] Bhowmik, Sanjoy, Goswami, S.K. and Bhattacharjee, P.K.: “An LP-based multiobjective distribution system planning using goal attainment method”, *Electric Power Components and Systems*, 2001, 29, (5):479-490.
- [109] Schweickardt, G. A. Andreoni, Alberto. Miranda V.: “Evaluation of Risk Bounded Distribution Expansion Cost with a Fuzzy Dynamic Programming Approach”. 14 PSCC. 2002, Sevilla, España.
- [110] Mori, H. and Iimura, Y.: “Application of parallel tabu search to distribution network expansion planning with distributed generation”. In 2003 IEEE Bologna PowerTech, 23-26 June 2003, vol.1, pp. 6. Bologna, Italy.
- [111] Borges, A. R. and Antunes, C. H.: “A fuzzy multiple objective decision support model for energy-economy planning”, *European Journal of Operational Research*, 2003, 145(2):304-316.
- [112] Ippolito, M. G., Morana, E., Sanseverino, F , Riva. Vuinovich: “Risk based optimization for strategical planning of electrical distribution systems with dispersed generation”, *IEEE Bologna Power Tech Conference*, 2003, Bologna, Italy.
- [113] Ramírez-Rosado, I.J. and Domínguez-Navarro, J.A.: “Possibilistic model based on fuzzy sets for the multiobjective optimal planning of electric power distribution networks”. *IEEE Transactions on Power Systems*, 2004, 19(4):1801-10.
- [114] Sadeghi, M. and Hosseini, H.M.: “Energy supply planning in Iran by using fuzzy linear programming approach (regarding uncertainties of investment costs) *Energy Policy*”, 2006, 34(9):993–1003.
- [115] Carrano, Eduardo G., Soares, Luiz A.E., Takahashi, Ricardo H.C., Saldanha, Rodney R. and Neto, Oriane M.: “Electric distribution network multiobjective design using a problem-specific genetic algorithm”. *IEEE Transactions on Power Delivery*, 2006, 21(2):995–1005.
- [116] De Oliveira, P. M. De Leao, M. T.: “Remuneration of Distributed Generation: A Holistic Approach”, Doctoral dissertation submitted to the Faculty of Engineering of the University of Porto. 2007.

- [117] Houssein B.A., Hsan H.A.: "Multi Objectives Reactive Dispatch Optimization of an Electrical Network", National school of Engineering, Sfax, BP W, 3038, Tunisia. Leonardo Journal of Sciences. Issue 10, June 2007. p. 101-114
- [118] Miao, Y., Shanghai, J.T., Cheng, H., Yao, L., Masoud, B.: "Reliability and economy evaluation of MicroGrid based distribution network connection mode", Electric Utility Deregulation and Restructuring and Power Technologies (DRPT), July 2011.
- [119] Ismail, M., Min-You, C., Xia, L.: "Optimal planning for power distribution network with distributed generation in Zanzibar Island", Electrical and Control Engineering (ICECE), 2011 International Conference, Sept. 2011.
- [120] Shuhui L., Proano, J., Dong, Z.: "Microgrid power flow study in grid-connected and islanding modes under different converter control strategies", Power and Energy Society General Meeting, July 2012.
- [121] Mohanty, P., Bhuvanawari, G., Balasubramanian, R.: "Optimal planning and design of Distributed Generation based micro-grids", Industrial and Information Systems (ICIIS), 2012 7th IEEE International Conference, Aug. 2012.
- [122] Zakariazadeh, A., Jadid, S.: "Energy and reserve scheduling of microgrid using multi-objective optimization", Electricity Distribution (CIRED 2013), 22nd International Conference, June 2013.
- [123] Ding, Z., Lee, W., Wang, J.: "Stochastic Resource Planning Strategy to Improve the Efficiency of Microgrid Operation", Industry Applications, IEEE Transactions on (Volume:PP , Issue: 99), Diciembre 2014.
- [124] Lan, Z., Zheng, Y., Wei-Jen, L., Xiu, Y.: "Direct load control in microgrid to enhance the performance of integrated resources planning", Industrial & Commercial Power Systems Tehcnical Conference (I&CPS), 2014 IEEE/IAS, Mayo 2014.
- [125] K. Rahbar, J. Xu and R. Zhang: "Real-Time Energy Storage Management for Renewable Integration in Microgrid: An Off-Line Optimization Approach", in IEEE Transactions on Smart Grid, vol. 6, no. 1, pp. 124-134, Jan. 2015.
- [126] M. Ross, C. Abbey, F. Bouffard and G. Jos: "Multiobjective Optimization Dispatch for Microgrids With a High Penetration of Renewable Generation", in IEEE Transactions on Sustainable Energy, vol. 6, no. 4, pp. 1306-1314, Oct. 2015

- [127] T. Wang, D. O'Neill and H. Kamath: "Dynamic Control and Optimization of Distributed Energy Resources in a Microgrid", in IEEE Transactions on Smart Grid, vol. 6, no. 6, pp. 2884-2894, Nov. 2015.
- [128] Y. Xiang, J. Liu and Y. Liu: "Robust Energy Management of Microgrid With Uncertain Renewable Generation and Load", in IEEE Transactions on Smart Grid, vol. 7, no. 2, pp. 1034-1043, March 2016.
- [129] P. Tian, X. Xiao, K. Wang and R. Ding: "A Hierarchical Energy Management System Based on Hierarchical Optimization for Microgrid Community Economic Operation", in IEEE Transactions on Smart Grid, vol. 7, no. 5, pp. 2230-2241, Sept. 2016.
- [130] V. Sarfi, I. Niazazari and H. Livani: "Multiobjective fireworks optimization framework for economic emission dispatch in microgrids", North American Power Symposium (NAPS), Denver, CO, 2016, pp. 1-6. 2016.
- [131] W. Shi, N. Li, C. Chu and R. Gadh: "Real-Time Energy Management in Microgrids", in IEEE Transactions on Smart Grid, vol. 8, no. 1, pp. 228-238, Jan. 2017.
- [132] H. Lotfi and A. Khodaei: "AC Versus DC Microgrid Planning", in IEEE Transactions on Smart Grid, vol. 8, no. 1, pp. 296-304, Jan. 2017.
- [133] Y. Han, H. Li, P. Shen, E. A. A. Coelho and J. M. Guerrero: "Review of Active and Reactive Power Sharing Strategies in Hierarchical Controlled Microgrids", in IEEE Transactions on Power Electronics, vol. 32, no. 3, pp. 2427-2451, March 2017.
- [134] J. Ma, L. Yuan, Z. Zhao and F. He: "Transmission Loss Optimization-Based Optimal Power Flow Strategy by Hierarchical Control for DC Microgrids", in IEEE Transactions on Power Electronics, vol. 32, no. 3, pp. 1952-1963, March 2017.
- [135] Farhad SamadiGazijahani, Sajad Najafi Ravadanegh, Javad Salehi: "Stochastic multiobjective model for optimal energy exchange optimization of networked microgrids with presence of renewable generation under risk-based strategies", ISA Transactions Volume 73, Pages 100-111, February 2018.
- [136] Bermudez, J. F. "Análisis de flujo de carga en sistemas eléctricos de potencia"; Universidad Simón Bolívar, Caracas, Venezuela, Marzo 1994.
- [137] Grainger, John J., Stevenson Jr., William D: "Análisis de Sistemas de Potencia", Mc Graw-Hill/Interamericana de México, S.A. de C.V.
- [138] Arrillaga, J., Watson, N.R.: "Computer Modeling of Electric Power Systems", 2nd. ed., Chichester, U.K.: Wiley, 2001

- [139] Iwamoto, S., Tamura, Y., "A load flow calculation method for ill-conditioned power system", IEEE trans. Power App. Syst., vol. 100, pp. 1736-1743, Apr. 1981.
- [140] Rajcic, D.; Bose, A.: "A modification to the fast decoupled power flow for methods with high  $r/x$  ratios", IEEE trans. Power Syst., vol. 3, pp. 743-746, May. 1988.
- [141] Baldwin, Thomas L; Lewis, Shani A.: "Distribution Load Flow Methods for Shipboard Power Systems", IEEE Transactions on Industry Applications, vol. 40, No. 5, September/October 2004.
- [142] Lin, W. M.; Su, Y. S.; Chin, H.C.; Teng, J.H.: "Three-phase unbalanced distribution power flow with minimum data preparation", IEEE Trans. Power Syst., vol. 14, pp. 1178-1183, Aug. 1999.
- [143] Teng, Jen-Hao: "A Direct Approach for Distribution System Load Flow Solutions", IEEE Transactions on Power Delivery, vol. 18, No. 3, July 2003.
- [144] Jovanovic, S., Milicevic, F. "Triangular Distribution Load Flow", IEEE Power Engineering Review, May 2000.
- [145] Romero Ramos, Esther; Gómez Expósito, Antonio: "Reliable load flow technique for radial distribution networks", IEEE Transactions on Power Systems, vol. 14, No. 3, August 1999.
- [146] Luo, G. X.; Semlyen, A.: "Efficient load flow for large weakly meshed networks", IEEE Trans Power Syst., vol 5, pp. 1309-1316, Nov. 1990.
- [147] Baran, M. E. Wu, F. F.: "Optimal sizing of capacitors placed on a radial distribution system", IEEE Trans. Power Delivery, vol 4, pp. 735-743, Jan. 1989.
- [148] Zimmerman, R. D., Chiang, H.D.: "Fast decoupled power flow for unbalanced radial distribution systems", IEEE Trans. Power Syst., vol. 10, pp. 2045-2052, Nov. 1995.
- [149] Teng, Jen-Hao: "A Network-Topology-based Three-Phase Load Flow for Distribution Systems", Proc. Natl. Sci. Counc. ROC(A), vol. 24, No. 4, pp. 259-264, 2000.
- [150] Céspedes, R. G.: "New method for the analysis of distribution network", IEEE Trans. Power Delivery, vol. 5, pp. 391-396, Jan. 1990.
- [151] Shirmohammadi, D., Hong, H. W., Semlyen, A., Luo, G. X.: "A compensation-based power flow method for weakly distribution and transmission networks"; IEEE Trans. Power Syst., vol. 3, pp. 735-762, May. 1988.
- [152] Cheng, C. S., Shirmohammadi, D.: "A three-phase power flow method for real-time distribution system analysis", IEEE Trans. Power Syst., vol. 10, pp. 671-679, May 1995.

- [153] Zimmerman R. D.: "Comprehensive Distribution Power Flow: Modeling, Formulation, Solution Algorithms and Analysis", A Dissertation Presented to the Faculty of the Graduate School of Cornell University, January 1995.
- [154] Chen, T. H., Chen M. S., Hwang, K. J., Kotas P., Chebli E. A.: "Distribution system power flow analysis - A rigid approach", IEEE TRANS. Power Delivery, vo. 6, pp. 1146-1152, July 1991.
- [155] Abe, S., Shoults, R.R., Chen, M.S., Eichenberger, P., Farris, D.: "Calculation of energy losses in a distribution system", IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, vol. PAS-99, No. 4, July/Aug 1980.
- [156] Shorosbree G., Denis G.: "Planificación de la Red Secundaria de Distribución y su Efecto Sobre la Red Primaria", Trabajo de Grado presentdo a la Universidad Simón Bolívar, Sartenejas, Septiembre 2003.
- [157] Tinney, W. F., Hart, C. E.: "Power flow solution by Newton`s method", IEEE Transactions Apparat. Syst., vol. PAS-86, pp. 1449-1460, 1967.
- [158] Sun, D. I. H., Abe, S., Shoults, R. R., Chen, M. S., Eichenberger, P., Farris D.: "Calculation of energy losses in a distribution system", Proc. IEEE PES Winter Meeting, 1976, A76 044-8.
- [159] Zhang, F., Cheng, C. S.: "A modified Newton method for radial distribution system power flow analysis", IEEE Trans. Power Flow Syst., vol. 12, pp. 389-397, Feb. 1997.
- [160] Ghosh, S., Das, D.: "Methods for load-flow solution of radial istribution networks", IEEE Proc.-Gener. Transm. Distrib., vol 146, No. 6, November 1999.
- [161] Gómez Expósito, Antonio: "Augmented Rectangular Load Flow Model", IEEE Transactions on Power Systems, vol. 17, No. 2, May 2002.
- [162] Berg, R., Hawkins, E. S., Pleines, W. W.: "Mechanized calculation of unbalanced load flow on radial distribution circuits", IEEE Trans. Power App. Syst., vol 86 pp. 415-421, Apr. 1967.
- [163] Rajicic, D., Ackovski, R., Taleski, R.: "Voltage correction power flow", IEEE Trans. Power Delivey, vol. 9, pp. 1056-1062, Apr. 1994.
- [164] Baran, M.E., Staton, E. A.: "Distribution transformer models for branch current based feeder analysis", IEEE Trans. Power Syst., vol. 12, pp. 698-703, May 1997.
- [165] Kersting, W. H., Phillips, W. H., Carr, W.: "A new approach to modeling three-phase transformer conexions", IEEE Trans. Ind. Applic., vol 35, pp. 169-175, Jan/Feb 1999.

- [166] Jasmon, G. B., Lee, L. H. C. C.: "Stability of load flow techniques for distribution system voltage stability analysis" Proc. Inst. Elec. Eng., pt. C, vol. 138, pp. 479-484, Nov. 1991.
- [167] Meliopoulos, A. P. S., Zhang, F.: "A modified Newton method for radial distribution system power flow analysis", IEEE Trans. Power Syst., vol 11, pp. 939-946, May 1996.
- [168] Le Nguyen, H.: "Newon-Raphson method in complex form", IEEE Trans Power Systems, vol12, pp. 1355-1359, Aug. 1997.
- [169] Ocque Quientero, Luis Antonio: "Método Grafo-Orientado Aplicado al Flujo de Carga Trifásico en Redes Radiales de Distribución", Proyecto de Grado presentdo a la Universidad Simón Bolívar, 2003.
- [170] Das, D., Nagi, H. S., Kothari, D. P.: "Novel method for solving radial distribution networks", IEEE Proc. C, 1994, 141, (4), pp. 291-298.
- [171] Barrenechea, R., Rypin, F., Paiva, P.: "Flujo de Carga en los Sistemas Integrales de Distribución", Tesis de ingeniería presentada ante la Universidad Simón Bolívar, Caracas, Venezuela 2006.
- [172] Zimmerman R. D.: "Network Reconfiguration for Loss Reduction in Three-Phase Power Distribution Systems", A Thesis Presented to the Faculty of the Graduate School of Cornell University, May 1992.
- [173] P.M.D.O. Jesus, M.T.P. de Leao and H.M. Khodr: "Remuneration of Distribution Networks using a Fuzzy Multicriteria Planning Algorithm", 2006 International Conference on Probabilistic Methods Applied to Power Systems, Stockholm, 2006, pp. 1-7.
- [174] P.M., De Oliveira-de Jesus, M.T., Ponce De Leao, J.M. Yusta and H. M. Khodr: "A General Framework for the Remuneration of Costs and Benefits of Distributed Generation", 2006 IEEE/PES Transmission & Distribution Conference and Exposition: Latin America, Caracas, 2006, pp. 1-6.
- [175] Benayoun R. et. al.: "Linear Programming and Multiple Objective Functions: STEP Method (STEM)", Mathematical Programming, 1971, Vol. 1, No. 3, pp.366-375.
- [176] Khator S.K., L.C. Leung: "Power Distribution Planning: A Review of Models and Issues", IEEE Trans. on Power Systems, 1997, PWRS-12 (3), pp. 1151-1159.
- [177] Khodr, H.M, Gómez, J.F., Ocque, L.A., Urdaneta, A.J.: "Modelo para la Optimización de Redes Primarias de Distribución Utilizando Programación Lineal", I Conferencia Internacional del Área Andina del IEEE IEEE-ANDESCON99. Porlamar, Venezuela. Septiembre 1999.

- [178] Mavrotas, G., and Diakoulaki, D.: “A branch and bound algorithm for mixed zero-one multiple objective linear programming”, *European Journal of Operational Research*, 1998, 107(3):530-41.
- [179] Paiva M.: “Planificación Óptima de Redes Integrales de Distribución de Energía Eléctrica”, Universidad Simón Bolívar, Mayo de 2004.
- [180] Baraciarte R. A., Rypin, F., Barrenechea, R.: “A Proposed Methodology for Optimum Voltage Compensation System Design in Industrial Power Systems”, *Transmission & Distribution Conference and Exposition: Latin America, 2006. TDC '06 IEEE/PES*.
- [181] Carrera Lumbarres, L. E., Castilla Fernandez, M.: “Control de inversores trifásicos mediante el método de droop control para microrredes eléctricas”, Proyecto de fin de carrera presentada ante la Universidad Politécnica de Catalunya, Barcelona, España, 2014.
- [182] Kersting, W. H.: “Distribution system Modeling and Analysis”, Boca Raton, Fl: CRC Press, 2002.
- [183] Stott, B., Olsac, O.: “Fast decoupled load flow”, *IEEE Transactions Appar. Syst.*, vol. PAS-93, pp. 859-869, 1974.
- [184] Y. H. Song, Ying Xiao: “Power Flow Control Approach to Power Systems with embedded FACTS devices”, *IEEE Transactions on Power Systems*, Vol. 17, No. 4, noviembre 2002.
- [185] Schwaegerl, C., Pierluigi M., Goran S., Tao, L.: “Can microgrids provide a new paradigm for network operation. An evaluation of their technical, commercial, and environmental benefits”, *Electricity Distribution - Part 2, 2009. CIRED 2009, June 2009*.
- [186] Hadzi-Kostova, B., Krebs, Rainer E. y Styczynski, Z.: “New protection concepts for distribution systems with dispersed generation”, *IEEE Power Tech, St. Petersburg, Russia, 2005*.
- [187] Chapman, Stephen J.: “Máquinas eléctricas”; Mc Graw-Hill Interamericana, S.A., Tercera edición.
- [188] Stagg, Glenn W., Ahmed, El-Abiad H.: “Computer Methods in Power System Analysis”, Mc Graw-Hill, Inc., 1968.
- [189] Da Silva, Y., Di Girolamo, J., Ferreira, A.: “Optimización de Circuitos Aéreos de Distribución en Campos Petroleros”, *I Conferencia Internacionl del área andina, IEEE, 1999*, pp 967-972.
- [190] Baran, M., Wu, F.: “Network Reconfiguration in Distribution Systems for Loss Reduction and Load Balancing”, *IEEE Trans. PWRD. Vol. 1, 1989*, pp. 1401-1407.



- [191] Kipp Martin, Richard: "Large Scale Linear and Integer Optimization a Unified Approach", Kluwer Academic Publishers. University of Chicago. 1999
- [192] Brauner G., M. Zobel: "Knowledge Based Planning of Distribution Networks", IEEE Trans. on Power Systems, 1994, PWRS-9 (2), May 1994, pp. 942-948.
- [193] Blanchard, M., L. Delorme, C. Simard: "Experience with Optimization Software for Distribution System Planning", IEEE Trans. on Power Systems, 1996, PWRS-11 (4), pp. 11891-11898.
- [194] Allan, R.N., M.G. Da Silva: "Evaluation of Reliability Indices and Outage Costs in Distribution Systems", IEEE Trans. on Power Systems, 1995, PWRS-10 (1), pp. 413 - 419.
- [195] Ramírez-Rosado I.J., J.L. Bernal-Agustín: "Reliability and Costs Optimization for Distribution Networks Expansion Using an Evolutionary Algorithm", 1999, IEEE Transactions.
- [196] Walid A., Alaa F. S.: "Optimization of Electric Power Distribution Using Hybrid Simulated Annealing Approach", American Journal of Applied Sciences 5 (5): 559-564, 2008
- [197] Montagnon, F.M.: "Planificación de la expansión de sistemas de distribución vía algoritmos genéticos", Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago de Chile, 1999
- [198] Allan, R.N., E.N. Dialynas, I.R. Homer: "Modelling and evaluating the
- [199] Reliability of Distributions Systems", IEEE Trans. on Power, Apparatus and Systems, 1979, 98 (6), pp. 2181-2189.
- [200] Boardman J.T., C.C. Meckiff: "A Branch and Bound Formulation to an Electricity Distribution Planning Problems", IEEE Trans. on Power Apparatus and Systems, 1985, PAS-104 (8), pp. 2112-2118.
- [201] Mote, A. B; Mhaskar U. P.: "A New Formulation for Load Flow Solution of Power Systems with Series FACTS Devices", IEEE Transactions on Power Systems Vol 18 No 14, noviembre 2003.
- [202] Y. Ye, M. Kazerani: "Operational Constraints of FACTS Devices", IEEE Transactions on Power Systems, pp 1579-1584 2000.
- [203] R. M. Mathur, R. K. Varma: "Thyristor-based FACTS Controllers for Electrical Transmission Systems", John Wiley & Sons, Inc.
- [204] L. Gyugyi: "Dynamic Compensation of AC Transmission Lines by Solid State Synchronous Voltage Sources", IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 9 No. 2, pp. 904-911, abril 1994.

- [205] R. S. Ramshaw: "Power Electronics Semiconductor Switches", Chapman & Hall, 1993, UK.
- [206] L. Gyugyi: "A Unified Power Flow Control Concept of Flexible AC Transmission Systems". IEE Proceedings – C, Vol. 139, No 4, pp 323-331, Julio 1992.
- [207] L. Gyugyi, R.O., Putman T.H.: "Principles and Applications of Static Thyristor –Controlled Shunt Compensator", Trans IEEE Power Appar Syste 97, pp 1935-1945, 1978.
- [208] T.J.E. Miller: "Reactive Power Control in Electric Systems", Wiley & Sons, Nueva York, 1982.
- [209] L. Hakim, M. Wahidi, U. Murdika, F. Milano, J. Kubokawa and N. Yorino: "A three-phase power flow analysis for electrical power distribution system with low voltage profile", 2015 2nd International Conference on Information Technology, Computer, and Electrical Engineering (ICITACEE), Semarang, 2015, pp. 303-308.
- [210] Kashem M. and Jasmon G.: "A new approach of distribution system reconfiguration for loss minimization", International Journal of Electric Power and Energy Systems, Vol. 22, 2000, pp.270-276
- [211] D. P. Sharma, A. Chaturvedi, G.Purohit and R.Shivarudraswam: "Distributed load flow analysis using graph theory", World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Electrical and Computer Engineering Vol:5, No:2, 2011
- [212] S. Chatterjee and S. Mandal: "A novel comparison of gauss-seidel and newton-raphson methods for load flow analysis", 2017 International Conference on Power and Embedded Drive Control (ICPEDC), Chennai, 2017, pp. 1-7.
- [213] B. K. Panigrahi, S. K. Sahu, R. Nandi and S. Nayak: "Probabilistic load flow of a distributed generation connected power system by two point estimate method", 2017 International Conference on Circuit ,Power and Computing Technologies (ICCPCT), Kollam, 2017, pp. 1-5.
- [214] W. Ahmed, S. Kamel and F. Jurado: "Probabilistic load flow analysis for large scale radial distribution systems", 2016 Eighteenth International Middle East Power Systems Conference (MEPCON), Cairo, 2016, pp. 803-808.
- [215] S. S. Parihar and N. Malik: "Power flow analysis of balanced radial distribution system with composite load model", 2017 Recent Developments in Control, Automation & Power Engineering (RDCAPE), Noida, 2017, pp. 160-165.

- [216] M.M. Mary and V.P. Joshi, "Load flow method for distribution systems" 2017 International Conference on Intelligent Computing, Instrumentation and Control Technologies (ICICT), Kannur, 2017, pp. 949-952.
- [217] R. James Ranjith Kumar and A. Jain: "Load flow methods in distribution systems with dispersed generations: A brief review", 2015 1st Conference on Power, Dielectric and Energy Management at NERIST (ICPDEN), Itanagar, 2015, pp. 1-4.
- [218] W. A. Vasquez and F. L. Quilumba: "Load flow method for radial distribution systems with distributed generation using a dynamic data matrix", 2016 IEEE Ecuador Technical Chapters Meeting (ETCM), Guayaquil, 2016, pp. 1-5.
- [219] M. Bazrafshan and N. Gatsis: "Convergence of the Z-Bus Method for Three-Phase Distribution Load-Flow with ZIP Loads", in IEEE Transactions on Power Systems, vol. 33, no. 1, pp. 153-165, Jan. 2018.
- [220] Zampieri, S., Bolognani, S.: "On the Existence and Linear Approximation of the Power Flow Solution in Power Distribution Networks", in IEEE Transactions on Power Systems, vol. 31, no. 1, pp. 163-172, Jan. 2016.



## **6 ANEXOS**

## 6.1 ANEXO A - Flujos de carga tradicionales y el FCRB

### 6.1.1 Algoritmos clásicos

#### 6.1.1.1 Gauss Seidel (GS)

A continuación es presentada una breve descripción del método, de acuerdo a lo expuesto en [123, 129].

El proceso consiste en modelar iterativamente las cargas como inyecciones negativas de corriente dependientes de la tensión.

$$I_{Iny_i} = \left( \frac{S_{iny}}{V_i^{r-1}} \right)^*$$

Una vez modeladas las demandas como corrientes se procede a calcular las tensiones nodales del sistema.

$$V_i^r = Y_{ii}^{-1} \left( I_{Iny_i}^{r-1} - \sum_{j=1}^{i-1} Y_{ij} V_j^r - \sum_{j=i+1}^n Y_{ij} V_j^{r-1} \right)$$

El cálculo es repetido hasta que en todos los nodos (a excepción del nodo slack) se cumpla que la diferencia en la tensión calculada por la iteración en curso respecto a la de la iteración anterior sea menor a determinada tolerancia preestablecida.

$$|V_i^r - V_i^{r-1}| < tol \quad i = 2, 3 \dots N$$

### 6.1.1.2 Newton-Raphson (NR)

A continuación es presentada una breve descripción del método, de acuerdo a lo expuesto en [123, 129].

El algoritmo consiste en linealizar iterativamente las ecuaciones de flujo de potencia, haciendo uso de la Serie de Taylor truncada en la primera derivada, para entonces calcular matricialmente las tensiones (en módulo y ángulo).

Los términos SJ corresponden a los subjacobianos de la matriz [123].

$$\begin{bmatrix} [\theta] \\ [||V||] \end{bmatrix}^r = \begin{bmatrix} [\theta] \\ [||V||] \end{bmatrix}^{r-1} + \begin{pmatrix} [SJ_{P\theta}]^{r-1} & [SJ_{PV}]^{r-1} \\ [SJ_{Q\theta}]^{r-1} & [SJ_{QV}]^{r-1} \end{pmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} [\Delta P] \\ [\Delta Q] \end{bmatrix}^{r-1}$$

Las iteraciones continúan hasta lograr que la diferencia entre las potencias calculadas en la iteración en curso y la anterior sea menor a determinada tolerancia.

### 6.1.1.3 Zbus Implícita de Gauss (Zimp)

A continuación es presentada una breve descripción del método, de acuerdo a lo expuesto en [57, 140, 144].

El flujo de carga de la Zbus Implícita de Gauss se fundamenta directamente en la matriz de admitancias nodales, la cual es particionada en submatrices, para luego despejar las incógnitas de tensión.

$$\begin{bmatrix} I_{slack} \\ [I]_{N-1 \times 1} \end{bmatrix} = \begin{pmatrix} [Y_{11}]_{1 \times 1} & [Y_{12}]_{1 \times N-1} \\ [Y_{21}]_{N-1 \times 1} & [Y_{22}]_{N-1 \times N-1} \end{pmatrix} \begin{bmatrix} V_{slack} \\ [V]_{N-1 \times 1} \end{bmatrix}$$

Tomando los elementos inferiores:

$$[I] = [Y_{21}] V_{slack} + [Y_{22}] [V]$$

Finalmente, la tensión nodal es calculada como:

$$[V] = [Y_{22}]^{-1} ([I] - [Y_{21}] V_{slack})$$

Similar al Gauss-Seidel, el algoritmo está basado en iteraciones donde las cargas son modeladas como corrientes dependientes de la tensión.

$$[I]^{r-1} = \begin{bmatrix} \left( \frac{P_{esp2} + jQ_{esp2}}{V_2^{r-1}} \right)^* \\ \vdots \\ \left( \frac{P_{espN} + jQ_{espN}}{V_N^{r-1}} \right)^* \end{bmatrix}$$



### 6.1.2 Flujo de carga FCRB

Considerando la necesidad de implementar algoritmos de flujo de carga especialmente diseñados para redes de baja tensión malladas y microgrids es presentado el flujo de carga FCRB [92], el cual es un método de cálculo de flujo de carga (basado en la Zimplícita de Gauss) cuya eficiencia y precisión ha sido demostrada al utilizarlo tanto en redes malladas como radiales y comparar sus resultados contra otros tipo de flujos de carga.

La modelación clásica de la carga P,Q como corriente dependiente de la tensión nodal puede ser reemplazada por el modelo de una admitancia puesta a tierra dependiente de la tensión nodal.

$$y_{dem_i} = \frac{S_i^*}{|V_i|^2}$$

En [92] son presentadas tres formas diferentes del algoritmo:

FCRBY: Variación de la Z implícita de Gauss modelando las cargas como admitancias.

FCRBZ: Variación del FCRB planteando la matriz de impedancias nodales.

FCRBL: Versión aproximada, directa y no iterativa del FCRB

#### 6.1.2.1 FCRBY

Algoritmo basado en la Zimplícita de Gauss, donde las cargas son modeladas como admitancias.

Al modelar las cargas como admitancias e incluirlas en la matriz de admitancias nodales, la expresión para el cálculo de las tensiones queda definida de la siguiente manera.

$$[V]^r = - \left[ [Y_{22}] + \begin{pmatrix} \frac{S_2^*}{|V_2^{r-1}|^2} & \cdots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \cdots & \frac{S_N^*}{|V_N^{r-1}|^2} \end{pmatrix} \right]^{-1} [Y_{21}] V_{slack}$$

### 6.1.2.2 FCRBZ

Variación del FCRB en la que las cargas son modeladas como impedancias.

La matriz de impedancias nodales es definida de la siguiente forma.

$$[Z] = \left[ [Y_{bus}] + \begin{pmatrix} \frac{S_1^*}{|V_1|^2} & \cdots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \cdots & \frac{S_N^*}{|V_N^{r-1}|^2} \end{pmatrix} \right]^{-1} = \begin{pmatrix} [Z_{11}] & [Z_{12}] \\ [Z_{21}] & [Z_{22}] \end{pmatrix}$$

Luego, las tensiones nodales son planteadas de acuerdo a la siguiente expresión:

$$\begin{bmatrix} V_{slack} \\ [V]_{N-1 \times 1} \end{bmatrix} = \begin{pmatrix} [Z_{11}]_{1 \times 1} & [Z_{12}]_{1 \times N-1} \\ [Z_{21}]_{N-1 \times 1} & [Z_{22}]_{N-1 \times N-1} \end{pmatrix} \begin{bmatrix} I_{slack} \\ [0]_{N-1} \end{bmatrix}$$

Al factorizar los términos superiores e inferiores:

$$V_{slack} = [Z_{11}] I_{slack} \rightarrow I_{slack} = [Z_{11}]^{-1} V_{slack}$$

$$[V] = [Z_{21}] I_{slack}$$

Finalmente entonces la tensión es calculada de acuerdo a la siguiente expresión:

$$[V] = [Z_{21}] \frac{V_{slack}}{Z_{11}}$$

### 6.1.2.3 FCRBL

Versión del algoritmo FCRB donde las ecuaciones incluyen una linealización que permite obtener una solución adecuada del problema (bajo porcentaje de error) de manera directa y no iterativa.

Partiendo de la premisa de que en las redes de baja tensión los ángulos de las tensiones nodales tienden a cero, se establece entonces la aproximación que la magnitud de la tensión es igual a su conjugado

$$V_i^* \approx |V_i|$$

Inicialmente las cargas son modeladas de la siguiente forma:

$$I_i = \frac{S_i^*}{V_i^*} \approx \frac{S_i^*}{|V_i|}$$

Considerando que, por reglamentos tradicionales de diseño de redes en baja y media tensión que establece restricciones operacionales a la máxima caída de tensión admisible en la red, la desviación de las tensiones con respecto a la nominal típicamente se encuentran en un rango de entre  $\pm 5\%$ .

Por lo tanto, se puede linealizar para los valores entre un determinado rango pre-especificado.

$$\frac{1}{|V_i|} \approx m |V_i| + b$$

Las corrientes son expresadas entonces de la siguiente manera:

$$[I] = \begin{bmatrix} \frac{S_2^*}{V_2^*} \\ \vdots \\ \frac{S_N^*}{V_N^*} \end{bmatrix} \approx \begin{bmatrix} \frac{S_2^*}{|V_2|} \\ \vdots \\ \frac{S_N^*}{|V_N|} \end{bmatrix} \approx \begin{bmatrix} S_2^*(m |V_2| + b) \\ \vdots \\ S_N^*(m |V_N| + b) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} S_2^* \\ \vdots \\ S_N^* \end{bmatrix} b + m \begin{pmatrix} S_2^* & \cdots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \cdots & S_N^* \end{pmatrix} \begin{bmatrix} |V_2| \\ \vdots \\ |V_N| \end{bmatrix}$$

Igualando a la expresión de corrientes de la Zimplícita:

$$\begin{bmatrix} S_2^* \\ \vdots \\ S_N^* \end{bmatrix} b + m \begin{pmatrix} S_2^* & \cdots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \cdots & S_N^* \end{pmatrix} [V] = [Y_{21}] V_{slack} + [Y_{22}] [V]$$

Finalmente es planteada la ecuación del flujo de carga para el cálculo directo de las tensiones nodales.

$$[V] = \left[ [Y_{22}] - m \begin{pmatrix} S_2^* & \cdots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \cdots & S_N^* \end{pmatrix} \right]^{-1} \left[ \begin{bmatrix} S_2^* \\ \vdots \\ S_N^* \end{bmatrix} b - [Y_{21}] V_{slack} \right]$$

## 6.2 ANEXO B – Algoritmos de optimización

A continuación son presentadas las descripciones generales de los principales algoritmos de optimización clásicamente utilizados para la resolución de modelos de planificación de redes eléctricas.

### 6.2.1 Algoritmos para modelos de variables continuas

#### 6.2.1.1 Método *SIMPLEX*

El algoritmo propuesto en el método *SIMPLEX* consiste en la repetición de operaciones sencillas hasta alcanzar la solución, que gracias al desarrollo de la computación, permite resolver problemas de gran tamaño sin mayor esfuerzo computacional. La limitación principal del método consiste en que solo puede ser utilizado para resolver problemas de optimización de un único objetivo y donde todas las variables involucradas sean continuas [20].

El desarrollo del método *SIMPLEX* por George Dantzig en 1947 puede ser considerado como un gran paso para la humanidad debido a la habilidad de resolver problemas intrínseca al método [5].

Si bien el análisis teórico del método indica un crecimiento casi exponencial del tiempo computacional requerido en función de la dimensión del problema, la aplicación práctica reporta un crecimiento del tipo polinomial [7].

#### 6.2.1.2 Algoritmos de punto interior

Existen otros métodos que, a diferencia del *SIMPLEX*, no buscan la solución directamente en los puntos extremos del área factible, en cambio la buscan desde el interior de la misma. Este tipo de algoritmos son conocidos como Algoritmos de punto interior, y entre ellos se destacan los siguientes:

Método elipsoidal: Desarrollado con la finalidad de buscar un crecimiento del tipo polinomial de los tiempos de cómputo con respecto a la dimensión del problema. Este método ha sido reportado por la literatura como ineficiente y superado ampliamente por el método *SIMPLEX*, debido a los tiempos de convergencia elevados reportados luego de aplicaciones prácticas del método [34].

Método Primal - Dual: También desarrollado buscando un crecimiento de los tiempos requeridos del tipo polinomial. La experiencia de otros autores indica que el método es eficiente en cuanto a la

respuesta obtenida y los tiempos requeridos para alcanzarla, siendo entonces el algoritmo más exitoso entre los métodos de punto interior. [34].

La búsqueda es realizada mediante un procedimiento en el cual, para cada punto factible, es calculada una solución estimada del sistema primal y dual, y calcula la distancia entre ambas. La dirección de búsqueda del algoritmo es tal que a cada etapa de cálculo intenta minimizar esta distancia entre las soluciones primales y duales, hasta lograr la convergencia al punto óptimo.

En la literatura son reportados numerosos estudios dedicados perfeccionar el método, acelerando los tiempos de convergencia del método, o introduciendo modificaciones que permitan alcanzar la solución óptima partiendo de un vector inicial no factible.

En la práctica se ha determinado que el algoritmo primal-dual, a diferencia del método elipsoidal, posee un desempeño adecuado en cuanto a la solución obtenida y los tiempos requeridos [34]. Se ha determinado que el método Primal-Dual requiere menos iteraciones (entre 20 y 60 aún para problemas grandes) que el método SIMPLEX (de una a tres veces el número de variables), sin embargo para cada una de las iteraciones del método Primal-Dual es requerido un mayor espacio de almacenamiento [34].

## **6.2.2 Algoritmos para modelos de variables enteras o mixtas**

### *6.2.2.1 Método de enumeración total*

El algoritmo enumera todas las posibles soluciones a un problema, las evalúa y la mejor de ellas es seleccionada.

Son asignados valores a cada una de las variables enteras, cuidando de mantener la factibilidad del problema, luego de asignar los valores, el sistema lineal resultante es resuelto mediante algoritmos como el SIMPLEX o métodos de punto interior. Esta operación es repetida entonces para todas las variables enteras del modelo y luego las soluciones obtenidas son evaluadas, seleccionando la mejor de ellas como la óptima.

Este método contempla todas las soluciones factibles, por lo cual solo es aplicable a problemas de dimensiones reducidas [31].

### 6.2.2.2 *Branch and Bound*

En vista de la imposibilidad práctica de utilizar el método de la enumeración total a problemas de grandes dimensiones, es desarrollado el algoritmo de Branch and Bound, el cual establece una búsqueda de la solución a través de una enumeración parcial [31].

#### Pasos del algoritmo Branch and Bound:

1. Ramificación y partición: En primer lugar es definido un problema inicial. El conjunto de soluciones factibles del problema original es dividido en subconjuntos de soluciones. Cada una de estas soluciones representa un problema candidato (CP). Al evaluar estos CP puede resultar no factible, en cuyo caso es inmediatamente eliminado, o se halla el óptimo directamente, llamado "fathomed", o resulta factible sin ser "fathomed" y entonces puede ser ramificado.

2. Limitación: Es establecido un límite superior y uno inferior para el valor objetivo. El límite superior es único en cada etapa de la ramificación y el límite inferior es calculado para cada CP mediante una estrategia especial aplicada al modelo con las restricciones relajadas.

- El límite superior es establecido por el valor objetivo más cercano al óptimo en cada etapa de la ramificación. La solución del problema candidato CP que presente el mejor valor objetivo es llamada "la incumbente" y determina el límite superior de la ramificación.

Una nueva incumbente y por consiguiente un nuevo límite superior es establecido cada vez que es hallada una mejor solución. El límite superior indicará cuales de los candidatos deben ser ramificados primero a fin de acelerar la búsqueda de la solución óptima.

- El límite inferior indicará el mínimo valor posible (caso minimización) del CP. Es calculado a partir de una estrategia especial, y permite restringir el número de candidatos a ramificar.

3. Depuración: Cualquier CP que posea un límite inferior superior al límite superior (valor objetivo de la incumbente actual) establecido para la ramificación, implica que ninguna de sus soluciones será mejor que la actual incumbente, por lo tanto resulta descartado para futuras ramificaciones.

Si la estrategia utilizada para el cálculo de los límites inferiores es adecuada, estos valores serán mayores y por lo tanto un mayor número de problemas candidatos serían depurados, acelerando así la búsqueda de la solución.

### Estrategias del algoritmo Branch and Bound:

Estrategia del límite inferior: Existen diversas estrategias planteadas. Una buena estrategia es aquella que brinde valores altos de límite inferior, y que implique un menor esfuerzo computacional.

La técnica más utilizada consiste en la resolución del problema cuyas restricciones rígidas han sido relajadas, el valor objetivo de esta solución constituye un límite inferior. Si se verifica que la solución al problema relajado, para un subconjunto dado, cumple con el problema incluyendo las restricciones rígidas que fueron relajadas, la solución óptima del candidato es igual al límite inferior "fathomed", por lo cual es depurado de la lista de candidatos a ramificar, y su valor objetivo es almacenado. En caso contrario el algoritmo continúa hacia la siguiente estrategia.

Estrategia de ramificación: Cada problema listado para su ramificación (no depurado) es particionado en dos o más subconjuntos. Esto se logra incluyendo restricciones de ramificación al candidato anterior.

Si, por ejemplo, existe una variable binaria  $X$ , que solo puede tomar dos valores  $[0 \text{ ó } 1]$ , dos subconjuntos son generados, uno de ellos adicionando la restricción de ramificación  $X = 1$  y otro con la restricción  $X = 0$ . Si por el contrario la variable fuera continua, lo usual es generar las dos restricciones de ramificación igualando la variable al número entero inmediatamente superior e inferior. Estas variables son denominadas variables de ramificación.

Al aplicar la estrategia de límites inferiores, serán relajadas aquellas restricciones rígidas del problema original, pero nunca las restricciones de ramificación.

Los CP creados tendrán las mismas restricciones que sus antecesores incluyendo las restricciones de ramificación incluidas hasta el momento, por lo tanto la estrategia de límite inferior establecerá valores cada vez mayores al incrementar la ramificación.

### **6.2.3 Algoritmos para modelos no lineales**

Debido a las limitaciones previamente explicadas de los métodos clásicos, se han desarrollado métodos con bases heurísticas y meta-heurísticas orientados a reducir los tiempos de cómputo y que a su vez sean aplicables a modelaciones del tipo no lineal [4, 51].



Conocidos también como métodos de búsqueda inteligente, establecen diversas reglas que permiten conseguir soluciones, aproximadas pero satisfactorias, a problemas difíciles de resolver de forma exacta.

Como consecuencia de su planteamiento no es posible garantizar la convergencia de estos métodos a mínimos o máximos globales [31], sin embargo, se han incluido variantes y modificaciones a cada uno de estos algoritmos, procurando evitar la convergencia a valores máximos o mínimos locales.

#### 6.2.3.1 *Greedy Method*

Consiste en un algoritmo del tipo heurístico, considerado como el más reconocido entre los "métodos heurísticos de un barrido" basado en una sola evaluación de las variables disponibles [31].

Al aplicar el algoritmo la solución es calculada un elemento a la vez, partiendo de cero y culminando con la primera solución completa obtenida. La característica del método de seleccionar en cada etapa la variable que mejor se adapte al objetivo, sin considerar el óptimo final, generalmente lleva a soluciones alejadas del mínimo global.

Un enfoque distinto y más adecuado es presentado con el desarrollo de los métodos conocidos como "Heurísticas de intercambio" o "Métodos descendentes", en los cuales se inicia a partir de una solución completa y el algoritmo realiza variaciones de la misma, dentro de un entorno cercano al planteamiento inicial, procurando alcanzar soluciones que introduzcan mejoras a la función objetivo [31].

Motivados a evitar la convergencia a mínimos o máximos locales, una propuesta consiste en desarrollar los algoritmos a partir de cierto número de soluciones iniciales diferentes y luego comparar los resultados obtenidos usando cada una de ellas para la inicialización del algoritmo.

#### 6.2.3.2 *Branch Exchange*

Es considerado como el algoritmo meta-heurístico clásico por excelencia [11]. Su aplicación es sencilla, y su principal debilidad radica en la alta posibilidad de convergencia a puntos mínimos o máximos locales.

Considerando la estructura del algoritmo de Branch Exchange, basado en la evaluación de diversas soluciones para cada valor que pueda asumir cada una de las variables enteras, puede ser adaptado de forma directa para la resolución de problemas multietapa o pseudo-dinámicos [32].

A fin de evitar la posibilidad que el algoritmo de Branch Exchange clásico proporcione soluciones que pertenezcan a mínimos o máximos locales, es incorporado un método heurístico que permite la consideración de ciertas soluciones que empeoren la función objetivo, para luego analizarlas y variarlas, buscando así soluciones mejores en otros entornos de la función [11].

En [33] el método del Branch Exchange es perfeccionado al incluir una heurística que procura escapar de mínimos locales. Denominada Branch Exchange Multiestado, esta técnica permite cambios que empeoran la función objetivo temporalmente, esperando mediante cambios posteriores, obtener resultados aún mejores de la función objetivo.

El algoritmo consiste básicamente en intercambiar el valor de las variables enteras por aquellos que se esperan contribuyan a la optimización de la función objetivo.

Esta secuencia de intercambios es realizada hasta determinarse que no existan más intercambios que produzcan mejoras posibles al objetivo, las soluciones obtenidas para cada modelo creado por los intercambios es evaluada y almacenada, eligiéndose entonces la mejor de estas soluciones como la óptima.

Aplicado a la planificación de redes eléctricas de distribución, partiendo de una solución radial inicial, el algoritmo crea un lazo adicionando una rama, la rama anterior es eliminada y se procede a calcular la nueva solución. Este procedimiento es repetido hasta que no puedan conseguirse mejoras al objetivo por ningún intercambio [10, 25]. Este método aplicado de forma aislada, realiza la búsqueda de la solución, considerando únicamente la optimización de las líneas sin considerar la optimización de las subestaciones y demás fuentes.

### 6.2.3.3 Algoritmos Genéticos

Algoritmo heurístico basado en la observación de la evolución natural de las especies. Este algoritmo, debido a la forma de búsqueda utilizada, resulta sumamente compatible para la resolución de modelos no lineales [4] y es considerado uno de los principales métodos de optimización basados en técnicas heurísticas.

Partiendo de un conjunto de soluciones probables, evoluciona hacia mejores versiones de solución. Estas nuevas versiones son generadas mediante la incorporación de operadores genéticos fundamentados en la observación del proceso reproductivo natural.

A fin de evolucionar hacia mejores soluciones, es necesario establecer criterios adecuados que permitan mantener y reproducir de manera eficiente aquellas soluciones con mejor medida de aceptación.

A continuación es presentada una breve descripción del método [4].

Cada solución posible es representada como un arreglo de bits (valores enteros o caracteres), y es denominada organismo o cromosoma. Cada variable perteneciente a una posición específica del cromosoma es denominado el gen y el valor asignado es llamado el alelo.

El problema debe ser evaluado sin restricciones, para lograrlo son incorporadas funciones de penalidad correspondientes a las restricciones originales del problema. Estas penalizaciones tendrán un valor nulo para cada solución factible o uno positivo para cada solución no factible, es decir, que impliquen una violación de una o más restricciones originales del problema. El valor de la penalización aumenta rápidamente a medida que la solución se aleja de la solución factible.

Para cada solución propuesta es evaluada una medida de aceptación, la cual se calcula como la solución obtenida sumada al valor de penalidad correspondiente. Esta medida es conocida como la función de evaluación.

En el caso de minimización, mientras la función de evaluación sea menor, mejor será la solución asociada a ella.

A fin de evolucionar hacia mejores soluciones, es necesario establecer criterios claros que permitan mantener y reproducir únicamente aquellas soluciones con mejor medida de aceptación.

Población inicial: La solución o conjunto de soluciones de partida es creada de forma aleatoria, o a través de otro algoritmo como por ejemplo el Branch Exchange o Greedy Method.

Los operadores genéticos utilizados para la creación de nuevos conjuntos de soluciones o poblaciones de cromosomas son descritos a continuación.

Entre un 10 a 40% de los individuos de una población provienen de copias directas de la población anterior, esta copia puede ser realizada mediante reproducción o clonación.

Reproducción: Los individuos a copiar de una determinada población son seleccionados de acuerdo a una probabilidad establecida como el inverso de la función de evaluación. De esta forma los cromosomas con mejores desempeños tendrán las mayores probabilidades de ser copiados a la población siguiente.

Clonación: Proceso determinístico en el cual un cierto número de cromosomas a copiar es seleccionado considerando solo aquellos que presenten los mejores valores de evaluación.

Crossover: La mayoría de los cromosomas restantes son creados a partir de combinaciones o "crossover" de los genes de los cromosomas de la población anterior. Existen muchas formas de combinación de genes entre cromosomas dependiendo de las posiciones destinadas a ser intercambiadas

Mutación: Consiste en la inclusión de alteraciones de forma aleatoria en el algoritmo. Estas alteraciones pueden consistir en el intercambio en la posición de dos genes en un cromosoma elegido al azar. El porcentaje de cromosomas creados por mutación es sumamente bajo, de aproximadamente el 1%, y es utilizado a fin de evaluar la posibilidad de soluciones mejores fuera del entorno evaluado, previamente establecido por las soluciones iniciales suministradas. De esta forma el algoritmo procura evitar la convergencia a mínimos locales.

Criterio para finalizar: El algoritmo culminará al no percibirse mejoras al objetivo luego de cierto número de generaciones, o sencillamente permitiendo un número finito de poblaciones a generar.

#### 6.2.3.4 *Simulated Annealing*

Algoritmo heurístico basado en procesos para calcular los estados de menor requerimiento energético de materiales en estado sólido. Al disminuir la temperatura aplicada a los materiales estos se estabilizan en configuraciones sólidas, cuya generación energética depende de la velocidad del enfriamiento [31,35]:

Se han introducido modificaciones al método a fin de procurar alcanzar el mínimo global. En el método, luego de haber alcanzado un mínimo local, el proceso es reiniciado desde un nuevo valor aleatorio y son evaluadas las soluciones resultantes y comparadas con las anteriores. La mejor de las soluciones obtenidas será tomada como el óptimo del modelo.

Los pasos planteados en el algoritmo, para el caso de minimización, son presentados en [8].

La función objetivo es denominada la función energética, y es enfriada gradualmente hasta que el sistema alcanza un mínimo global.

Generación de soluciones posibles mediante la perturbación de la solución anterior, de acuerdo a una distribución probabilística.

La nueva solución generada es aceptada como la actual cuando presenta un valor mejor a la anterior. En caso que la nueva solución no sea mejor que la anterior es aceptada de acuerdo a una probabilidad dependiente de la temperatura actual del sistema.

La nueva solución aceptada es adoptada como la inicial para la nueva iteración, y la temperatura es reducida de acuerdo a una función establecida de enfriamiento.

El algoritmo culmina al no observarse mejoras sustanciales en el objetivo luego de cierto número de iteraciones, o estableciendo un número finito de iteraciones posibles.

#### 6.2.3.5 *Tabu Search*

Algoritmo basado en la observación del comportamiento humano típicamente inconsistente. El método procura evitar evaluaciones de la solución que lleven a soluciones peores del objetivo, asignando penalizaciones a estos movimientos [35].

En el método de Tabú Search es establecido que la búsqueda de soluciones a través de caminos que empeoren la función, se realizará únicamente, si es requerido, con la finalidad de evitar la búsqueda a través de una dirección ya evaluada.

#### Pasos del algoritmo [8]:

1. Establecer una solución inicial, la cual puede ser generada de forma aleatoria, o mediante la utilización de otro algoritmo.
2. Determinar el entorno de la presente solución.
3. Evaluar la función para las soluciones pertenecientes al entorno establecido.
4. La mejor de las soluciones es almacenada.

5. Si la mejor solución obtenida en el entorno es mejor que la de la solución anterior, la misma es tomada como la solución inicial para la próxima iteración.

El algoritmo culmina al cumplirse el criterio establecido, el cual puede depender de la observación de las soluciones obtenidas o por un número de iteraciones permitido.

## 6.2.4 Algoritmos para modelos multiobjetivo

### 6.2.4.1 Método de asignación de pesos

Planteamiento basado en la formulación de una única función objetivo proveniente de la combinación lineal de todos los objetivos originales multiplicados por variables escalares que tomarán valores entre 0 y 1. Pueden existir soluciones de interés llamadas “soluciones no dominadas no soportadas” las cuales no pueden ser halladas mediante este método \cite {9}.

A fin de establecer esta combinación lineal es necesario que todos los objetivos sean definidos en función de las mismas unidades.

La forma planteada por el método para la evaluación de las soluciones no dominadas, consiste en la multiplicación de los objetivos individuales por factores de peso (entre 0 y 1), representando ellos la importancia relativa asignada a cada uno de los objetivos.

La función objetivo resultante estará compuesta por la suma de todos los objetivos, multiplicado cada uno por el peso correspondiente, y el problema es resuelto mediante un enfoque mono-objetivo.

$$\min f(x) = \min \sum_{i=1}^m w_i f_i(x)$$

$$x \in \Omega$$

$$c_j(x) = 0, j = 1, \dots, n$$

$$c_j(x) < 0, k = 1, \dots, p$$

$x$  = Vector de decisión.

$f(x)$  = Función objetivo.

$\Omega$  = Espacio de solución.

$c_j$  = Restricción de igualdad.

$c_k$  = Restricción de desigualdad.  $f_i$  = Funciones objetivo.  $w_i$  = Valor de peso relativo asignado a cada objetivo.

La principal deficiencia del método de asignación de pesos, consiste en su aplicabilidad restringida únicamente a un número reducido de objetivos [9].

#### 6.2.4.2 Método e-constraint

El método e-constraint, orientado a la búsqueda de las soluciones de un problema de planificación multiobjetivo, consiste en la minimización de uno de los objetivos planteando los objetivos restantes en forma de restricción. No es posible asegurar la convergencia a soluciones no dominadas, sin embargo podría permitir hallar las soluciones no dominadas no soportadas que no pueden ser calculadas utilizando otros métodos como el de asignación de pesos.

$$\min f(x) = \min f_i(x)$$

$$x \in \Omega$$

$$c_j(x) = 0, j = 1, \dots, n$$

$$c_k(x) < 0, k = 1, \dots, p$$

$$f_i(x) \leq E_i, i = 1, \dots, m$$

$x$  = Vector de decisión.

$f(x)$  = Función objetivo.

$\Omega$  = Espacio de solución.

$c_j$  = Restricción de igualdad.

$c_k$  = Restricción de desigualdad.

$f_i(x)$  = Funciones objetivo diferentes a las seleccionadas para su optimización y colocadas como restricciones del modelo.

El planteamiento del modelo consiste en colocar todos los objetivos, menos uno, en forma de restricción, fijando un valor esperado para dicha función como el límite. Luego es evaluado el modelo mono-objetivo resultante y el algoritmo es repetido para todos los objetivos contemplados en el problema original.

Los pasos generales planteados por este método, conocido como “e-constraint” son mencionados a continuación:

1. Enumeración de todos los objetivos del problema.
2. Elegir uno de los objetivos a minimizar y llevar los objetivos restantes a la forma de restricciones.
3. Resolver el problema mono-objetivo resultante.
4. Repetir el procedimiento para los restantes objetivos.

#### 6.2.4.3 *Goal Programming*

A. Charnes y W. W. Cooper desarrollan un modelo denominado "Constrained Regressions". Para el momento de su publicación fue prestada poca atención a la metodología propuesta, sin embargo, este enfoque es en la actualidad una versión del reconocido método para problemas multiobjetivo conocido como "Goal Programming" [5].

En 1965 Y. Ijiri incluye el concepto de optimización a partir de asignación de importancias, en la cual los objetivos son organizados según importancia en un ranking, y las funciones objetivo son optimizadas en orden de importancia, primero las más importantes, relegando para el final aquellas consideradas de menor importancia [5].

El modelo utilizado para la aplicación del Goal Programming, es planteado incluyendo los objetivos en el conjunto restricciones, y colocando las mismas en función de variables de desviaciones. La evaluación de la solución es calculada a través de un proceso de minimización de estas desviaciones.

#### Pasos del Goal Programming:

En primer lugar, las funciones objetivo son incluidas en el conjunto de restricciones. A fin de lograrlo, son definidos valores esperados para cada objetivo y la restricción es planteada como una función de desigualdad entre la función objetivo y el valor mínimo esperado para el mismo, definido por el analista.



Las restricciones necesarias para el desempeño correcto del sistema (típicamente las del modelo original), son conocidas como restricciones rígidas y las restricciones provenientes de la transformación de la función objetivo son llamadas restricciones no rígidas.

Las variables de desviación adicionadas a las restricciones, representan la desviación de la propia restricción respecto al valor mínimo esperado establecido (para restricciones rígidas) o definidos (para las restricciones provenientes de funciones objetivo).

Pasos:

- Objetivo original:  $f = x + y$
- Es definido un valor esperado  $g$
- Planteamiento de la restricción no rígida inicial (caso minimización):  $f < g$
- Inclusión de las variables de desviación ( $n, p$ ) en todas las restricciones
- Para las restricciones originales:  $R < B \Rightarrow R + n - p = B$
- Para las restricciones nuevas no rígidas:  $f < g \Rightarrow f + n - p = g$
- Es seleccionado un ranking de importancia entre los objetivos.

En primer lugar son minimizadas las variables de desviación pertenecientes a las restricciones rígidas sin incluir las nuevas restricciones en la formulación.

Luego es realizada la minimización de las desviaciones de los objetivos, uno por uno en orden de importancia. Cada vez que es incluida una nueva desviación para ser minimizada, es incorporada al método la restricción no rígida correspondiente de manera tal que la última desviación a optimizar, correspondiente al último objetivo en el ranking, incluya en su modelo a todas las restricciones rígidas y no rígidas del sistema.

A diferencia de los métodos de selección posterior o interactivos, el Goal programming busca la solución o el área factible a través de reducciones sucesivas del área de factibilidad establecido por las restricciones, en primer lugar las más importantes o rígidas y finalmente las últimas del ranking. Este procedimiento es conocido como "Minimización Lexicográfica"

La solución del algoritmo presenta los valores obtenidos por la minimización de las variables de desviación. En caso de ser iguales a cero, la función alcanzó su valor esperado o límite establecido, en caso contrario, indica la cantidad por la cual fue superado el límite establecido.

Dependiendo de la naturaleza del problema y de los valores mínimos o máximos especificados, la solución, considerando el procedimiento de reducción sucesiva del área factible, puede resultar en dos posibilidades:

- Converge a un punto en específico, considerado como punto solución
- Converge a un área factible remanente.

La principal deficiencia de este método consiste en la necesidad del analista de especificar valores mínimos esperados a los objetivos planteados, razón por la cual es recomendado desarrollar el método para distintos valores mínimos esperados, y evaluar el conjunto de soluciones obtenidas.

Existen diversas variaciones aplicadas al Goal Programming, una de las principales consiste en la inclusión de variaciones que permitan calcular las soluciones no dominadas del problema.

Esta variación del método para calcular las soluciones no dominadas es formulada mediante la inclusión de valores de peso, entre (0 y 1) multiplicadas por las variables de desviación a minimizar. De forma análoga a lo establecido para el método de asignación de pesos, mediante la variación de los pesos asignados es posible obtener el conjunto de soluciones no dominadas del problema [4].

Otra variación del método existente es el "Interval Goal Programming", consiste en una formulación del Goal Programming utilizando variables cuya información es presentada como un conjunto Fuzzy [5].

### 6.3 ANEXO C - Datos de entrada para los casos simulados

A continuación son presentados los datos de entrada para cada uno de los Sistemas utilizados para probar el modelo propuesto y las soluciones no reportadas en el texto.

#### 6.3.1 Sistema 1

**Datos de entrada para las líneas posibles del Sistema 1**

Num	Lin	Lon	Norig	Ndes	Cal	Jec	Ro	Costo(\$)	Tnenv	Tndes	Smaxl	Tlin	R	X
1	1	0,18	1	3	1	0,5	0,03	3596120	1	1	4250	1	0,257	0,087
2	1	0,18	1	3	2	0,4	0,03	3929660	1	1	6218	1	0,102	0,095
3	2	0,175	2	3	1	0,5	0,03	3563350	1	1	4250	1	0,257	0,087
4	2	0,175	2	3	2	0,4	0,03	3887625	1	1	6218	1	0,102	0,095
5	3	0,147	2	20	1	0,5	0,03	2993214	1	1	4250	1	0,257	0,087
6	3	0,147	2	20	2	0,4	0,03	3265605	1	1	6218	1	0,102	0,095
7	5	0,08	3	5	1	0,5	0,03	1509054	1	1	4250	1	0,257	0,087
8	5	0,08	3	5	2	0,4	0,03	1657294	1	1	6218	1	0,102	0,095
9	7	0,23	20	6	1	0,5	0,03	3863812	1	1	4250	1	0,257	0,087
10	7	0,23	20	6	2	0,4	0,03	4290002	1	1	6218	1	0,102	0,095
11	8	0,03	5	7	1	0,5	0,03	610860	1	1	4250	1	0,257	0,087
12	8	0,03	5	7	2	0,4	0,03	666450	1	1	6218	1	0,102	0,095
13	9	0,195	7	6	1	0,5	0,03	3953330	1	1	4250	1	0,257	0,087
14	9	0,195	7	6	2	0,4	0,03	4314665	1	1	6218	1	0,102	0,095
15	11	0,25	5	20	2	0,4	0,03	5415730	1	1	6218	2	0,102	0,095
16	13	0,41	1	2	1	0,5	0,03	7589340	1	1	4250	2	0,257	0,087
17	16	0,6	8	1	3	0,3	0,03	16873200	2	1	7672	2	0,051	0,00475
Calibre1: 3x150al Calibre2: 3x1x400al Calibre 3: 2x3x1x400al														

**Datos de entrada de Nodos de Alimentación para el Sistema1**

Numeración	Nnodo	Ncapac	Strx	Smin	Smax	Ctrx
1	8	1	450	324	418	1

**Datos de entrada de Nodos de Demanda del Sistema1**

Numeración	Nnodo	Sdem	FP
1	1	10	0,85
2	2	100	0,85
3	3	50	0,85
4	20	20	0,85
5	5	30	0,85
6	6	80	0,85
7	7	70	0,85

**6.3.2 Sistema 2****Datos de entrada para las líneas posibles del Sistema 2**

Num	Lin	Lon	Norig	Ndes	Cal	Jec	Ro	Costo(ptas)	Tnenv	Tndes	Smaxl	Tlin	R	X
1	1	0,18	67	65	1	0,5	0,03	3596120	1	1	4250	1	0,26	0,09
2	1	0,18	67	65	2	0,4	0,03	3929660	1	1	6218	1	0,1	0,1
3	2	0,18	65	69	1	0,5	0,03	3563350	1	1	4250	1	0,26	0,09
4	2	0,18	65	69	2	0,4	0,03	3887625	1	1	6218	1	0,1	0,1
5	3	0,15	69	58	1	0,5	0,03	2993214	1	1	4250	1	0,26	0,09
6	3	0,15	69	58	2	0,4	0,03	3265605	1	1	6218	1	0,1	0,1
7	4	0,08	67	84	1	0,5	0,03	1509054	1	1	4250	1	0,26	0,09
8	4	0,08	67	84	2	0,4	0,03	1657294	1	1	6218	1	0,1	0,1
9	5	0,23	67	92	1	0,5	0,03	3863812	1	1	4250	1	0,26	0,09
10	5	0,23	67	92	2	0,4	0,03	4290002	1	1	6218	1	0,1	0,1
11	6	0,03	59	57	1	0,5	0,03	610860	1	1	4250	1	0,26	0,09
12	6	0,03	59	57	2	0,4	0,03	666450	1	1	6218	1	0,1	0,1
13	7	0,2	64	70	1	0,5	0,03	3953330	1	1	4250	1	0,26	0,09
14	7	0,2	64	70	2	0,4	0,03	4314665	1	1	6218	1	0,1	0,1
15	8	0,09	68	64	1	0,5	0,03	1713510	1	1	4250	1	0,26	0,09
16	8	0,09	68	64	2	0,4	0,03	1871015	1	1	6218	1	0,1	0,1
17	9	0,06	58	68	1	0,5	0,03	1180996	1	1	4250	1	0,26	0,09
18	9	0,06	58	68	2	0,4	0,03	1288470	1	1	6218	1	0,1	0,1
19	10	0,3	62	60	1	0,5	0,03	6074080	1	1	4250	1	0,26	0,09
20	10	0,3	62	60	2	0,4	0,03	6629980	1	1	6218	1	0,1	0,1
21	11	0,06	70	62	1	0,5	0,03	1262444	1	1	4250	1	0,26	0,09
22	11	0,06	70	62	2	0,4	0,03	1377330	1	1	6218	1	0,1	0,1
23	12	0,12	60	59	1	0,5	0,03	2417550	1	1	4250	1	0,26	0,09
24	12	0,12	60	59	2	0,4	0,03	2639910	1	1	6218	1	0,1	0,1
25	14	0,12	66	63	1	0,5	0,03	2473458	1	1	4250	1	0,26	0,09
26	14	0,12	66	63	2	0,4	0,03	2701377	1	1	6218	1	0,1	0,1
27	15	0,24	66	67	1	0,5	0,03	4788172	1	1	4250	1	0,26	0,09
28	15	0,24	66	67	2	0,4	0,03	5225480	1	1	6218	1	0,1	0,1
29	16	0,17	63	61	1	0,5	0,03	3359730	1	1	4250	1	0,26	0,09
30	16	0,17	63	61	2	0,4	0,03	3665475	1	1	6218	1	0,1	0,1
31	18	0,24	1	16	1	0,5	0,03	4886880	1	1	4250	1	0,26	0,09
32	18	0,24	1	16	2	0,4	0,03	5331600	1	1	6218	1	0,1	0,1

33	19	0,11	6	5	1	0,5	0,03	2213930	1	1	4250	1	0,26	0,09
34	19	0,11	6	5	2	0,4	0,03	2417760	1	1	6218	1	0,1	0,1
35	20	0,14	2	6	1	0,5	0,03	2891404	1	1	4250	1	0,26	0,09
36	20	0,14	2	6	2	0,4	0,03	3154530	1	1	6218	1	0,1	0,1
37	22	0,14	5	4	1	0,5	0,03	2722980	1	1	4250	1	0,26	0,09
38	22	0,14	5	4	2	0,4	0,03	2973135	1	1	6218	1	0,1	0,1
39	23	0,32	16	17	1	0,5	0,03	6515840	1	1	4250	1	0,26	0,09
40	23	0,32	16	17	2	0,4	0,03	7108800	1	1	6218	1	0,1	0,1
41	24	0,05	1	13	1	0,5	0,03	916290	1	1	4250	1	0,26	0,09
42	24	0,05	1	13	2	0,4	0,03	999675	1	1	6218	1	0,1	0,1
43	25	0,26	8	7	1	0,5	0,03	5121520	1	1	4250	1	0,26	0,09
44	25	0,26	8	7	2	0,4	0,03	5603300	1	1	6218	1	0,1	0,1
45	26	0,04	2	8	1	0,5	0,03	814480	1	1	4250	1	0,26	0,09
46	26	0,04	2	8	2	0,4	0,03	888600	1	1	6218	1	0,1	0,1
47	28	0,06	7	18	1	0,5	0,03	1204460	1	1	4250	1	0,26	0,09
48	28	0,06	7	18	2	0,4	0,03	1315640	1	1	6218	1	0,1	0,1
49	29	0,27	13	15	1	0,5	0,03	5497740	1	1	4250	1	0,26	0,09
50	29	0,27	13	15	2	0,4	0,03	5998050	1	1	6218	1	0,1	0,1
51	30	0,26	85	90	1	0,5	0,03	3724240	1	1	4250	1	0,26	0,09
52	30	0,26	85	90	2	0,4	0,03	4206020	1	1	6218	1	0,1	0,1
53	31	0,3	9	2	1	0,5	0,03	5980900	1	1	4250	1	0,26	0,09
54	31	0,3	9	2	2	0,4	0,03	6527535	1	1	6218	1	0,1	0,1
55	32	0,22	87	88	1	0,5	0,03	3151280	1	1	4250	1	0,26	0,09
56	32	0,22	87	88	2	0,4	0,03	3558940	1	1	6218	1	0,1	0,1
57	33	0,3	88	66	1	0,5	0,03	4316150	1	1	4250	1	0,26	0,09
58	33	0,3	88	66	2	0,4	0,03	4862785	1	1	6218	1	0,1	0,1
59	35	0,24	19	50	1	0,5	0,03	4041560	1	1	4250	1	0,26	0,09
60	35	0,24	19	50	2	0,4	0,03	4486280	1	1	6218	1	0,1	0,1
61	36	0,19	50	51	1	0,5	0,03	3868780	1	1	4250	1	0,26	0,09
62	36	0,19	50	51	2	0,4	0,03	4220850	1	1	6218	1	0,1	0,1
63	37	0,32	51	55	1	0,5	0,03	5294120	1	1	4250	1	0,26	0,09
64	37	0,32	51	55	2	0,4	0,03	5775900	1	1	6218	1	0,1	0,1
65	38	0,26	55	26	1	0,5	0,03	5675470	1	1	4250	1	0,26	0,09
66	38	0,26	55	26	2	0,4	0,03	6194310	1	1	6218	1	0,1	0,1
67	39	0,28	26	30	1	0,5	0,03	5904980	1	1	4250	1	0,26	0,09
68	39	0,28	26	30	2	0,4	0,03	6442350	1	1	6218	1	0,1	0,1
69	41	0,25	46	39	1	0,5	0,03	5090500	1	1	4250	1	0,26	0,09
70	41	0,25	46	39	2	0,4	0,03	5553750	1	1	6218	1	0,1	0,1
71	42	0,15	50	53	1	0,5	0,03	3054300	1	1	4250	1	0,26	0,09
72	42	0,15	50	53	2	0,4	0,03	3332250	1	1	6218	1	0,1	0,1
73	43	0,2	53	23	1	0,5	0,03	4072400	1	1	4250	1	0,26	0,09
74	43	0,2	53	23	2	0,4	0,03	4443000	1	1	6218	1	0,1	0,1
75	44	0,26	23	28	1	0,5	0,03	5294120	1	1	4250	1	0,26	0,09
76	44	0,26	23	28	2	0,4	0,03	5775900	1	1	6218	1	0,1	0,1
77	45	0,32	28	33	1	0,5	0,03	6388140	1	1	4250	1	0,26	0,09
78	45	0,32	28	33	2	0,4	0,03	6971835	1	1	6218	1	0,1	0,1
79	47	0,23	20	46	1	0,5	0,03	4260600	1	1	4250	1	0,26	0,09

80	47	0,23	20	46	2	0,4	0,03	4686790	1	1	6218	1	0,1	0,1
81	48	0,04	19	43	1	0,5	0,03	814480	1	1	4250	1	0,26	0,09
82	48	0,04	19	43	2	0,4	0,03	888600	1	1	6218	1	0,1	0,1
83	49	0,35	43	24	1	0,5	0,03	7109440	1	1	4250	1	0,26	0,09
84	49	0,35	43	24	2	0,4	0,03	7757990	1	1	6218	1	0,1	0,1
85	50	0,35	24	34	1	0,5	0,03	4479640	1	1	4250	1	0,26	0,09
86	50	0,35	24	34	2	0,4	0,03	4887300	1	1	6218	1	0,1	0,1
87	51	0,22	34	37	1	0,5	0,03	5785910	1	1	4250	1	0,26	0,09
88	51	0,22	34	37	2	0,4	0,03	6314015	1	1	6218	1	0,1	0,1
89	52	0,29	37	40	1	0,5	0,03	6515840	1	1	4250	1	0,26	0,09
90	52	0,29	37	40	2	0,4	0,03	7108800	1	1	6218	1	0,1	0,1
91	54	0,22	47	42	1	0,5	0,03	4462380	1	1	4250	1	0,26	0,09
92	54	0,22	47	42	2	0,4	0,03	4870040	1	1	6218	1	0,1	0,1
93	55	0,2	49	47	1	0,5	0,03	4072400	1	1	4250	1	0,26	0,09
94	55	0,2	49	47	2	0,4	0,03	4443000	1	1	6218	1	0,1	0,1
95	56	0,18	32	19	1	0,5	0,03	2983720	1	1	4250	1	0,26	0,09
96	56	0,18	32	19	2	0,4	0,03	3317260	1	1	6218	1	0,1	0,1
97	57	0,25	27	35	1	0,5	0,03	5064610	1	1	4250	1	0,26	0,09
98	57	0,25	27	35	2	0,4	0,03	5527860	1	1	6218	1	0,1	0,1
99	59	0,12	48	44	1	0,5	0,03	2426180	1	1	4250	1	0,26	0,09
100	59	0,12	48	44	2	0,4	0,03	2648540	1	1	6218	1	0,1	0,1
101	60	0,21	54	22	1	0,5	0,03	4276020	1	1	4250	1	0,26	0,09
102	60	0,21	54	22	2	0,4	0,03	4665150	1	1	6218	1	0,1	0,1
103	61	0,19	22	27	1	0,5	0,03	3834260	1	1	4250	1	0,26	0,09
104	61	0,19	22	27	2	0,4	0,03	4186330	1	1	6218	1	0,1	0,1
105	62	0,12	32	54	1	0,5	0,03	2443440	1	1	4250	1	0,26	0,09
106	62	0,12	32	54	2	0,4	0,03	2665800	1	1	6218	1	0,1	0,1
107	63	0,1	20	49	1	0,5	0,03	1915440	1	1	4250	1	0,26	0,09
108	63	0,1	20	49	2	0,4	0,03	2100740	1	1	6218	1	0,1	0,1
109	65	0,29	36	31	1	0,5	0,03	5887720	1	1	4250	1	0,26	0,09
110	65	0,29	36	31	2	0,4	0,03	6425090	1	1	6218	1	0,1	0,1
111	66	0,19	41	36	1	0,5	0,03	3741080	1	1	4250	1	0,26	0,09
112	66	0,19	41	36	2	0,4	0,03	4083885	1	1	6218	1	0,1	0,1
113	67	0,07	45	41	1	0,5	0,03	1408080	1	1	4250	1	0,26	0,09
114	67	0,07	45	41	2	0,4	0,03	1537790	1	1	6218	1	0,1	0,1
115	68	0,1	49	45	1	0,5	0,03	2036200	1	1	4250	1	0,26	0,09
116	68	0,1	49	45	2	0,4	0,03	2221500	1	1	6218	1	0,1	0,1
117	69	0,37	48	20	1	0,5	0,03	6218240	1	1	4250	1	0,26	0,09
118	69	0,37	48	20	2	0,4	0,03	6811200	1	1	6218	1	0,1	0,1
119	70	0,32	29	38	1	0,5	0,03	4852360	1	1	4250	1	0,26	0,09
120	70	0,32	29	38	2	0,4	0,03	5297080	1	1	6218	1	0,1	0,1
121	71	0,24	38	48	1	0,5	0,03	2222560	1	1	4250	1	0,26	0,09
122	71	0,24	38	48	2	0,4	0,03	2426390	1	1	6218	1	0,1	0,1
123	72	0,11	21	52	1	0,5	0,03	3054300	1	1	4250	1	0,26	0,09
124	72	0,11	21	52	2	0,4	0,03	3332250	1	1	6218	1	0,1	0,1
125	73	0,15	25	29	1	0,5	0,03	5565030	1	1	4250	1	0,26	0,09
126	73	0,15	25	29	2	0,4	0,03	6074605	1	1	6218	1	0,1	0,1

127	74	0,28	52	25	1	0,5	0,03	2443440	1	1	4250	1	0,26	0,09
128	74	0,28	52	25	2	0,4	0,03	2665800	1	1	6218	1	0,1	0,1
129	75	0,12	32	21	1	0,5	0,03	9456000	1	1	4250	1	0,26	0,09
130	75	0,12	32	21	2	0,4	0,03	10549270	1	1	6218	1	0,1	0,1
131	77	0,53	20	71	1	0,5	0,03	9493630	1	1	4250	1	0,26	0,09
132	77	0,53	20	71	2	0,4	0,03	10475720	1	1	6218	1	0,1	0,1
133	78	0,06	71	73	1	0,5	0,03	1195830	1	1	4250	1	0,26	0,09
134	78	0,06	71	73	2	0,4	0,03	1307010	1	1	6218	1	0,1	0,1
135	79	0,15	71	75	1	0,5	0,03	3054300	1	1	4250	1	0,26	0,09
136	79	0,15	71	75	2	0,4	0,03	3332250	1	1	6218	1	0,1	0,1
137	80	0,23	80	74	1	0,5	0,03	4506420	1	1	4250	1	0,26	0,09
138	80	0,23	80	74	2	0,4	0,03	4932610	1	1	6218	1	0,1	0,1
139	81	0,15	75	80	1	0,5	0,03	2767020	1	1	4250	1	0,26	0,09
140	81	0,15	75	80	2	0,4	0,03	3035705	1	1	6218	1	0,1	0,1
141	83	0,27	71	72	1	0,5	0,03	4760220	1	1	4250	1	0,26	0,09
142	83	0,27	71	72	2	0,4	0,03	5260530	1	1	6218	1	0,1	0,1
143	84	0,2	72	79	1	0,5	0,03	3149440	1	1	4250	1	0,26	0,09
144	84	0,2	72	79	2	0,4	0,03	3520040	1	1	6218	1	0,1	0,1
145	85	0,21	72	76	1	0,5	0,03	3378920	1	1	4250	1	0,26	0,09
146	85	0,21	72	76	2	0,4	0,03	3768050	1	1	6218	1	0,1	0,1
147	86	0,14	76	77	1	0,5	0,03	2850680	1	1	4250	1	0,26	0,09
148	86	0,14	76	77	2	0,4	0,03	3110100	1	1	6218	1	0,1	0,1
149	87	0,66	78	82	1	0,5	0,03	10661440	1	1	4250	1	0,26	0,09
150	87	0,66	78	82	2	0,4	0,03	11884420	1	1	6218	1	0,1	0,1
151	88	0,2	79	81	1	0,5	0,03	4055140	1	1	4250	1	0,26	0,09
152	88	0,2	79	81	2	0,4	0,03	4425740	1	1	6218	1	0,1	0,1
153	89	0,06	77	78	1	0,5	0,03	1221720	1	1	4250	1	0,26	0,09
154	89	0,06	77	78	2	0,4	0,03	1332900	1	1	6218	1	0,1	0,1
155	90	0,33	82	89	1	0,5	0,03	5980742	1	1	4250	1	0,26	0,09
156	90	0,33	82	89	2	0,4	0,03	6594085	1	1	6218	1	0,1	0,1
157	92	0,13	114	113	1	0,5	0,03	2647060	1	1	4250	1	0,26	0,09
158	92	0,13	114	113	2	0,4	0,03	2887950	1	1	6218	1	0,1	0,1
159	93	0,11	111	114	1	0,5	0,03	1843020	1	1	4250	1	0,26	0,09
160	93	0,11	111	114	2	0,4	0,03	2046850	1	1	6218	1	0,1	0,1
161	94	0,09	93	112	1	0,5	0,03	1379730	1	1	4250	1	0,26	0,09
162	94	0,09	93	112	2	0,4	0,03	1546500	1	1	6218	1	0,1	0,1
163	96	0,23	105	94	1	0,5	0,03	3475660	1	1	4250	1	0,26	0,09
164	96	0,23	105	94	2	0,4	0,03	3901850	1	1	6218	1	0,1	0,1
165	97	0,09	94	111	1	0,5	0,03	1573800	1	1	4250	1	0,26	0,09
166	97	0,09	94	111	2	0,4	0,03	1740570	1	1	6218	1	0,1	0,1
167	98	0,18	93	110	1	0,5	0,03	2806880	1	1	4250	1	0,26	0,09
168	98	0,18	93	110	2	0,4	0,03	3140420	1	1	6218	1	0,1	0,1
169	99	0,18	110	105	1	0,5	0,03	2862960	1	1	4250	1	0,26	0,09
170	99	0,18	110	105	2	0,4	0,03	3196500	1	1	6218	1	0,1	0,1
171	101	0,12	83	109	1	0,5	0,03	1839640	1	1	4250	1	0,26	0,09
172	101	0,12	83	109	2	0,4	0,03	2062000	1	1	6218	1	0,1	0,1
173	103	0,15	106	102	1	0,5	0,03	2618650	1	1	4250	1	0,26	0,09

174	103	0,15	106	102	2	0,4	0,03	2896600	1	1	6218	1	0,1	0,1
175	104	0,18	83	106	1	0,5	0,03	2699080	1	1	4250	1	0,26	0,09
176	104	0,18	83	106	2	0,4	0,03	3032620	1	1	6218	1	0,1	0,1
177	105	0,12	115	96	1	0,5	0,03	2292490	1	1	4250	1	0,26	0,09
178	105	0,12	115	96	2	0,4	0,03	2514850	1	1	6218	1	0,1	0,1
179	107	0,29	95	100	1	0,5	0,03	4649900	1	1	4250	1	0,26	0,09
180	107	0,29	95	100	2	0,4	0,03	5187270	1	1	6218	1	0,1	0,1
181	108	0,16	100	99	1	0,5	0,03	2537660	1	1	4250	1	0,26	0,09
182	108	0,16	100	99	2	0,4	0,03	2834140	1	1	6218	1	0,1	0,1
183	109	0,15	99	101	1	0,5	0,03	2752400	1	1	4250	1	0,26	0,09
184	109	0,15	99	101	2	0,4	0,03	3030350	1	1	6218	1	0,1	0,1
185	110	0,14	101	98	1	0,5	0,03	2716960	1	1	4250	1	0,26	0,09
186	110	0,14	101	98	2	0,4	0,03	2976380	1	1	6218	1	0,1	0,1
187	111	0,22	116	95	1	0,5	0,03	3894790	1	1	4250	1	0,26	0,09
188	111	0,22	116	95	2	0,4	0,03	4293185	1	1	6218	1	0,1	0,1
189	112	0,11	96	116	1	0,5	0,03	2084540	1	1	4250	1	0,26	0,09
190	112	0,11	96	116	2	0,4	0,03	2288370	1	1	6218	1	0,1	0,1
191	113	0,11	93	97	1	0,5	0,03	1907730	1	1	4250	1	0,26	0,09
192	113	0,11	93	97	2	0,4	0,03	2111560	1	1	6218	1	0,1	0,1
193	114	0,17	97	115	1	0,5	0,03	3073370	1	1	4250	1	0,26	0,09
194	114	0,17	97	115	2	0,4	0,03	3388380	1	1	6218	1	0,1	0,1
195	116	0,29	141	146	1	0,5	0,03	5844600	1	1	4250	1	0,26	0,09
196	116	0,29	141	146	2	0,4	0,03	6381970	1	1	6218	1	0,1	0,1
197	117	0,22	135	141	1	0,5	0,03	4082840	1	1	4250	1	0,26	0,09
198	117	0,22	135	141	2	0,4	0,03	4490500	1	1	6218	1	0,1	0,1
199	118	0,24	152	131	1	0,5	0,03	4886880	1	1	4250	1	0,26	0,09
200	118	0,24	152	131	2	0,4	0,03	5331600	1	1	6218	1	0,1	0,1
201	119	0,41	131	135	1	0,5	0,03	7080440	1	1	4250	1	0,26	0,09
202	119	0,41	131	135	2	0,4	0,03	7840170	1	1	6218	1	0,1	0,1
203	120	0,19	148	56	1	0,5	0,03	3204600	1	1	4250	1	0,26	0,09
204	120	0,19	148	56	2	0,4	0,03	3556670	1	1	6218	1	0,1	0,1
205	121	0,25	56	124	1	0,5	0,03	3766440	1	1	4250	1	0,26	0,09
206	121	0,25	56	124	2	0,4	0,03	4229690	1	1	6218	1	0,1	0,1
207	122	0,08	123	126	1	0,5	0,03	1292540	1	1	4250	1	0,26	0,09
208	122	0,08	123	126	2	0,4	0,03	1440780	1	1	6218	1	0,1	0,1
209	124	0,06	124	127	1	0,5	0,03	10599760	1	1	4250	1	0,26	0,09
210	124	0,06	124	127	2	0,4	0,03	11970980	1	1	6218	1	0,1	0,1
211	125	0,21	118	199	1	0,5	0,03	1006060	1	1	4250	1	0,26	0,09
212	125	0,21	118	199	2	0,4	0,03	1117240	1	1	6218	1	0,1	0,1
213	126	0,02	199	200	1	0,5	0,03	4094880	1	1	4250	1	0,26	0,09
214	126	0,02	199	200	2	0,4	0,03	4484010	1	1	6218	1	0,1	0,1
215	127	0,06	199	157	1	0,5	0,03	407240	1	1	4250	1	0,26	0,09
216	127	0,06	199	157	2	0,4	0,03	444300	1	1	6218	1	0,1	0,1
217	128	0,28	157	123	1	0,5	0,03	919820	1	1	4250	1	0,26	0,09
218	128	0,28	157	123	2	0,4	0,03	1031000	1	1	6218	1	0,1	0,1
219	129	0,04	198	191	1	0,5	0,03	4899100	1	1	4250	1	0,26	0,09
220	129	0,04	198	191	2	0,4	0,03	5417940	1	1	6218	1	0,1	0,1



221	130	0,19	198	196	1	0,5	0,03	572960	1	1	4250	1	0,26	0,09
222	130	0,19	198	196	2	0,4	0,03	647080	1	1	6218	1	0,1	0,1
223	131	0,74	158	198	1	0,5	0,03	2876810	1	1	4250	1	0,26	0,09
224	131	0,74	158	198	2	0,4	0,03	3228880	1	1	6218	1	0,1	0,1
225	132	0,03	196	190	1	0,5	0,03	10755010	1	1	4250	1	0,26	0,09
226	132	0,03	196	190	2	0,4	0,03	12126230	1	1	6218	1	0,1	0,1
227	133	0,23	158	160	1	0,5	0,03	429720	1	1	4250	1	0,26	0,09
228	133	0,23	158	160	2	0,4	0,03	485310	1	1	6218	1	0,1	0,1
229	134	0,24	160	171	1	0,5	0,03	4683260	1	1	4250	1	0,26	0,09
230	134	0,24	160	171	2	0,4	0,03	5109450	1	1	6218	1	0,1	0,1
231	135	0,25	171	187	1	0,5	0,03	4886880	1	1	4250	1	0,26	0,09
232	135	0,25	171	187	2	0,4	0,03	5331600	1	1	6218	1	0,1	0,1
233	136	0,25	187	167	1	0,5	0,03	5073240	1	1	4250	1	0,26	0,09
234	136	0,25	187	167	2	0,4	0,03	5536490	1	1	6218	1	0,1	0,1
235	137	0,18	178	175	1	0,5	0,03	5090500	1	1	4250	1	0,26	0,09
236	137	0,18	178	175	2	0,4	0,03	5553750	1	1	6218	1	0,1	0,1
237	139	0,36	160	184	1	0,5	0,03	3423640	1	1	4250	1	0,26	0,09
238	139	0,36	160	184	2	0,4	0,03	3757180	1	1	6218	1	0,1	0,1
239	140	0,25	184	163	1	0,5	0,03	7313060	1	1	4250	1	0,26	0,09
240	140	0,25	184	163	2	0,4	0,03	7980140	1	1	6218	1	0,1	0,1
241	141	0,09	163	164	1	0,5	0,03	5090500	1	1	4250	1	0,26	0,09
242	141	0,09	163	164	2	0,4	0,03	5553750	1	1	6218	1	0,1	0,1
243	143	0,31	178	172	1	0,5	0,03	1832580	1	1	4250	1	0,26	0,09
244	143	0,31	178	172	2	0,4	0,03	1999350	1	1	6218	1	0,1	0,1
245	144	0,19	159	178	1	0,5	0,03	6191460	1	1	4250	1	0,26	0,09
246	144	0,19	159	178	2	0,4	0,03	6765890	1	1	6218	1	0,1	0,1
247	145	0,28	158	181	1	0,5	0,03	3748020	1	1	4250	1	0,26	0,09
248	145	0,28	158	181	2	0,4	0,03	4100090	1	1	6218	1	0,1	0,1
249	146	0,25	181	185	1	0,5	0,03	5399460	1	1	4250	1	0,26	0,09
250	146	0,25	181	185	2	0,4	0,03	5918300	1	1	6218	1	0,1	0,1
251	147	0,16	185	165	1	0,5	0,03	4913660	1	1	4250	1	0,26	0,09
252	147	0,16	185	165	2	0,4	0,03	5376910	1	1	6218	1	0,1	0,1
253	148	0,16	165	169	1	0,5	0,03	3257920	1	1	4250	1	0,26	0,09
254	148	0,16	165	169	2	0,4	0,03	3554400	1	1	6218	1	0,1	0,1
255	149	0,1	169	173	1	0,5	0,03	3232030	1	1	4250	1	0,26	0,09
256	149	0,1	169	173	2	0,4	0,03	3528510	1	1	6218	1	0,1	0,1
257	151	0,12	159	179	1	0,5	0,03	2036200	1	1	4250	1	0,26	0,09
258	151	0,12	159	179	2	0,4	0,03	2221500	1	1	6218	1	0,1	0,1
259	152	0,15	179	176	1	0,5	0,03	1852570	1	1	4250	1	0,26	0,09
260	152	0,15	179	176	2	0,4	0,03	2074930	1	1	6218	1	0,1	0,1
261	153	0,21	161	168	1	0,5	0,03	2390120	1	1	4250	1	0,26	0,09
262	153	0,21	161	168	2	0,4	0,03	2668070	1	1	6218	1	0,1	0,1
263	154	0,23	182	161	1	0,5	0,03	4241500	1	1	4250	1	0,26	0,09
264	154	0,23	182	161	2	0,4	0,03	4630630	1	1	6218	1	0,1	0,1
265	155	0,09	181	182	1	0,5	0,03	4666000	1	1	4250	1	0,26	0,09
266	155	0,09	181	182	2	0,4	0,03	5092190	1	1	6218	1	0,1	0,1
267	156	0,16	180	177	1	0,5	0,03	1621250	1	1	4250	1	0,26	0,09

268	156	0,16	180	177	2	0,4	0,03	1788020	1	1	6218	1	0,1	0,1
269	157	0,1	130	156	1	0,5	0,03	3240660	1	1	4250	1	0,26	0,09
270	157	0,1	130	156	2	0,4	0,03	3537140	1	1	6218	1	0,1	0,1
271	158	0,15	129	130	1	0,5	0,03	2036200	1	1	4250	1	0,26	0,09
272	158	0,15	129	130	2	0,4	0,03	2221500	1	1	6218	1	0,1	0,1
273	159	0,31	156	132	1	0,5	0,03	2933540	1	1	4250	1	0,26	0,09
274	159	0,31	156	132	2	0,4	0,03	3211490	1	1	6218	1	0,1	0,1
275	160	0,29	132	139	1	0,5	0,03	6312220	1	1	4250	1	0,26	0,09
276	160	0,29	132	139	2	0,4	0,03	6886650	1	1	6218	1	0,1	0,1
277	162	0,26	136	143	1	0,5	0,03	5430540	1	1	4250	1	0,26	0,09
278	162	0,26	136	143	2	0,4	0,03	5967910	1	1	6218	1	0,1	0,1
279	163	0,26	143	147	1	0,5	0,03	4297850	1	1	4250	1	0,26	0,09
280	163	0,26	143	147	2	0,4	0,03	4779630	1	1	6218	1	0,1	0,1
281	164	0,23	155	136	1	0,5	0,03	4371160	1	1	4250	1	0,26	0,09
282	164	0,23	155	136	2	0,4	0,03	4852940	1	1	6218	1	0,1	0,1
283	166	0,06	147	149	1	0,5	0,03	4286460	1	1	4250	1	0,26	0,09
284	166	0,06	147	149	2	0,4	0,03	4712650	1	1	6218	1	0,1	0,1
285	167	0,17	138	142	1	0,5	0,03	1221720	1	1	4250	1	0,26	0,09
286	167	0,17	138	142	2	0,4	0,03	1332900	1	1	6218	1	0,1	0,1
287	169	0,09	128	150	1	0,5	0,03	3099260	1	1	4250	1	0,26	0,09
288	169	0,09	128	150	2	0,4	0,03	3414270	1	1	6218	1	0,1	0,1
289	170	0,09	145	144	1	0,5	0,03	1642810	1	1	4250	1	0,26	0,09
290	170	0,09	145	144	2	0,4	0,03	1809580	1	1	6218	1	0,1	0,1
291	171	0,15	148	145	1	0,5	0,03	1832580	1	1	4250	1	0,26	0,09
292	171	0,15	148	145	2	0,4	0,03	1999350	1	1	6218	1	0,1	0,1
293	172	0,21	151	134	1	0,5	0,03	3054300	1	1	4250	1	0,26	0,09
294	172	0,21	151	134	2	0,4	0,03	3332250	1	1	6218	1	0,1	0,1
295	174	0,03	134	194	1	0,5	0,03	4276020	1	1	4250	1	0,26	0,09
296	174	0,03	134	194	2	0,4	0,03	4665150	1	1	6218	1	0,1	0,1
297	175	0,15	150	151	1	0,5	0,03	491790	1	1	4250	1	0,26	0,09
298	175	0,15	150	151	2	0,4	0,03	538115	1	1	6218	1	0,1	0,1
299	176	0,2	189	188	1	0,5	0,03	2963730	1	1	4250	1	0,26	0,09
300	176	0,2	189	188	2	0,4	0,03	3241680	1	1	6218	1	0,1	0,1
301	177	0,3	188	197	1	0,5	0,03	3770500	1	1	4250	1	0,26	0,09
302	177	0,3	188	197	2	0,4	0,03	4141100	1	1	6218	1	0,1	0,1
303	178	0,1	197	195	1	0,5	0,03	4297200	1	1	4250	1	0,26	0,09
304	178	0,1	197	195	2	0,4	0,03	4853100	1	1	6218	1	0,1	0,1
305	179	0,06	188	192	1	0,5	0,03	1432400	1	1	4250	1	0,26	0,09
306	179	0,06	188	192	2	0,4	0,03	1617700	1	1	6218	1	0,1	0,1
307	180	0,35	137	148	1	0,5	0,03	916736	1	1	4250	1	0,26	0,09
308	180	0,35	137	148	2	0,4	0,03	1035328	1	1	6218	1	0,1	0,1
309	181	0,29	154	137	1	0,5	0,03	5904980	1	1	4250	1	0,26	0,09
310	181	0,29	154	137	2	0,4	0,03	6442350	1	1	6218	1	0,1	0,1
311	182	0,04	137	193	1	0,5	0,03	561720	1	1	4250	1	0,26	0,09
312	182	0,04	137	193	2	0,4	0,03	626575	1	1	6218	1	0,1	0,1
313	183	0,19	150	154	1	0,5	0,03	3851520	1	1	4250	1	0,26	0,09
314	183	0,19	150	154	2	0,4	0,03	4203590	1	1	6218	1	0,1	0,1

315	184	0,11	117	83	1	0,5	0,03	2149220	1	1	4250	1	0,26	0,09
316	184	0,11	117	83	2	0,4	0,03	2353050	1	1	6218	1	0,1	0,1
317	185	0,08	123	125	1	0,5	0,03	1478010	1	1	4250	1	0,26	0,09
318	185	0,08	123	125	2	0,4	0,03	1626250	1	1	6218	1	0,1	0,1
319	371	1,06	201	91	2	0,4	0,03	21136968	2	1	6218	2	0,1	0,1
320	372	0,93	91	1	2	0,4	0,03	18974661	1	1	6218	2	0,1	0,1
321	373	0,04	91	86	1	0,5	0,03	630256	1	1	4250	2	0,26	0,09
322	374	0,11	1	12	1	0,5	0,03	2222560	1	1	4250	2	0,26	0,09
323	375	0,23	3	11	1	0,5	0,03	4144140	1	1	4250	2	0,26	0,09
324	376	0,36	11	14	1	0,5	0,03	6713560	1	1	4250	2	0,26	0,09
325	377	0,46	14	10	1	0,5	0,03	8816130	1	1	4250	2	0,26	0,09
326	378	0,16	12	3	1	0,5	0,03	3138850	1	1	4250	2	0,26	0,09
327	379	0,12	10	85	1	0,5	0,03	2292490	1	1	4250	2	0,26	0,09
328	380	0,16	10	9	1	0,5	0,03	3257920	1	1	4250	2	0,26	0,09
329	381	0,38	9	87	1	0,5	0,03	5889030	1	1	4250	2	0,26	0,09
330	382	0,12	83	32	2	0,4	0,03	2494315	1	1	6218	2	0,1	0,1
331	383	0,07	201	122	3	0,3	0,03	1968540	2	1	7672	2	0,05	0
332	384	1,08	119	93	3	0,3	0,03	33650860	1	1	7672	2	0,05	0
333	385	1,25	122	119	3	0,3	0,03	35152500	1	1	7672	2	0,05	0
334	386	0,04	118	120	1	0,5	0,03	647960	1	1	4250	2	0,26	0,09
335	387	0,29	93	118	2	0,4	0,03	6300000	1	1	6218	2	0,1	0,1
336	388	0,14	118	121	2	0,4	0,03	3084210	1	1	6218	2	0,1	0,1
337	389	0,55	121	117	2	0,4	0,03	11873200	1	1	6218	2	0,1	0,1
338	390	0,17	103	104	1	0,5	0,03	2495460	1	1	4250	2	0,26	0,09
339	391	0,2	83	103	2	0,4	0,03	3683920	1	1	6218	2	0,1	0,1
340	392	0,17	108	107	1	0,5	0,03	2736980	1	1	4250	2	0,26	0,09
341	393	0,13	83	108	2	0,4	0,03	2499780	1	1	6218	2	0,1	0,1
342	394	0,25	140	152	1	0,5	0,03	5073240	1	1	4250	2	0,26	0,09
343	395	1	189	158	3	0,3	0,03	32003520	1	1	7672	2	0,05	0
344	396	0,62	158	183	2	0,4	0,03	13350640	1	1	6218	2	0,1	0,1
345	397	0,12	183	186	2	0,4	0,03	2665800	1	1	6218	2	0,1	0,1
346	398	0,29	186	166	2	0,4	0,03	6304330	1	1	6218	2	0,1	0,1
347	399	0,31	166	174	2	0,4	0,03	5989550	1	1	6218	2	0,1	0,1
348	400	0,29	174	180	2	0,4	0,03	6425090	1	1	6218	2	0,1	0,1
349	401	0,25	180	159	2	0,4	0,03	5415730	1	1	6218	2	0,1	0,1
350	402	0,22	162	170	1	0,5	0,03	4160480	1	1	4250	2	0,26	0,09
351	403	0,26	183	162	1	0,5	0,03	5294120	1	1	4250	2	0,26	0,09
352	404	0,78	159	128	1	0,5	0,03	14286560	1	1	4250	2	0,26	0,09
353	405	0,11	128	140	1	0,5	0,03	1998300	1	1	4250	2	0,26	0,09
354	406	0,16	140	129	1	0,5	0,03	3197540	1	1	4250	2	0,26	0,09
355	407	0,12	128	153	1	0,5	0,03	2141540	1	1	4250	2	0,26	0,09
356	408	0,11	153	155	1	0,5	0,03	2149250	1	1	4250	2	0,26	0,09
357	409	0,41	133	138	1	0,5	0,03	7589340	1	1	4250	2	0,26	0,09
358	410	0,27	153	133	1	0,5	0,03	5376980	1	1	4250	2	0,26	0,09
359	411	0,6	201	189	3	0,3	0,03	16873200	2	1	7672	2	0,05	0

Calibre1: 3x150al;  
Calibre2: 3x1x400al;  
Calibre 3: 2x3x1x400al

**Datos de entrada de Nodos de Alimentación para el Sistema2**

Numeración	Nnodo	Ncapac	Strx	Smin	Smax	Ctrx
1	201	1	18000	11199,6	16000,2	300000000

**Datos de entrada de Nodos de Demanda del Sistema2**

Numeración	Nnodo	Sdem	FP
1	1	0	0,8
2	2	135	0,8
3	3	0,01	0,8
4	4	0,01	0,8
5	5	126,83	0,8
6	6	56,75	0,8
7	7	92,21	0,8
8	8	0,01	0,8
9	9	135	0,8
10	10	135	0,8
11	11	86,4	0,8
12	12	54,83	0,8
13	13	74,86	0,8
14	14	78,76	0,8
15	15	0,01	0,8
16	16	0,01	0,8
17	17	86,4	0,8
18	18	32,62	0,8
19	19	13,5	0,8
20	20	0,56	0,8
21	21	216	0,8
22	22	86,4	0,8
23	23	86,4	0,8
24	24	86,4	0,8
25	25	135	0,8
26	26	115,6	0,8
27	27	0,43	0,8
28	28	86,4	0,8
29	29	270	0,8
30	30	86,4	0,8
31	31	86,4	0,8
32	32	50,4	0,8
33	33	133,73	0,8
34	34	216	0,8
35	35	135	0,8
36	36	86,4	0,8
37	37	0,01	0,8
38	38	0,01	0,8
39	39	107,18	0,8

40	40	135	0,8
41	41	77,62	0,8
42	42	63,63	0,8
43	43	0	0,8
44	44	135	0,8
45	45	135	0,8
46	46	135	0,8
47	47	96,46	0,8
48	48	86,4	0,8
49	49	0	0,8
50	50	135	0,8
51	51	135	0,8
52	52	135	0,8
53	53	0,27	0,8
54	54	46,87	0,8
55	55	135	0,8
56	56	13,5	0,8
57	57	86,4	0,8
58	58	55,46	0,8
59	59	0,01	0,8
60	60	67,12	0,8
61	61	79,32	0,8
62	62	135	0,8
63	63	86,4	0,8
64	64	105,91	0,8
65	65	134,43	0,8
66	66	86,4	0,8
67	67	113,73	0,8
68	68	57,56	0,8
69	69	63,34	0,8
70	70	189,89	0,8
71	71	133,73	0,8
72	72	42,79	0,8
73	73	132,43	0,8
74	74	54	0,8
75	75	0,01	0,8
76	76	54,83	0,8
77	77	48,65	0,8
78	78	90,5	0,8
79	79	146,65	0,8
80	80	216	0,8
81	81	23,22	0,8
82	82	135	0,8
83	83	3,35	0,8
84	84	58,05	0,8
85	85	113,54	0,8
86	86	23,22	0,8
87	87	23,22	0,8
88	88	23,22	0,8
89	89	5,81	0,8
90	90	23,22	0,8
91	91	0	0,8

92	92	23,22	0,8
93	93	19,65	0,8
94	94	135	0,8
95	95	128,92	0,8
96	96	7,8	0,8
97	97	71,01	0,8
98	98	54	0,8
99	99	18,34	0,8
100	100	86,4	0,8
101	101	131,82	0,8
102	102	78,96	0,8
103	103	86,4	0,8
104	104	216	0,8
105	105	135	0,8
106	106	61,04	0,8
107	107	42,1	0,8
108	108	24,18	0,8
109	109	0,01	0,8
110	110	86,4	0,8
111	111	135	0,8
112	112	42,45	0,8
113	113	135	0,8
114	114	29,94	0,8
115	115	71,01	0,8
116	116	0,01	0,8
117	117	0,01	0,8
118	118	0	0,8
119	119	0,01	0,8
120	120	88,45	0,8
121	121	273,79	0,8
122	122	0,01	0,8
123	123	54,83	0,8
124	124	54,83	0,8
125	125	54,83	0,8
126	126	54,83	0,8
127	127	54,83	0,8
128	128	86,4	0,8
129	129	135	0,8
130	130	69,06	0,8
131	131	117,23	0,8
132	132	135	0,8
133	133	86,4	0,8
134	134	86,4	0,8
135	135	0,01	0,8
136	136	93,95	0,8
137	137	9,16	0,8
138	138	135	0,8
139	139	38,89	0,8
140	140	60,73	0,8
141	141	170,1	0,8
142	142	351	0,8
143	143	117,45	0,8

144	144	22,07	0,8
145	145	105,47	0,8
146	146	42,09	0,8
147	147	91,67	0,8
148	148	56,3	0,8
149	149	86,4	0,8
150	150	135	0,8
151	151	112,81	0,8
152	152	67,06	0,8
153	153	86,4	0,8
154	154	216	0,8
155	155	61,84	0,8
156	156	135	0,8
157	157	0,01	0,8
158	158	2,92	0,8
159	159	1,13	0,8
160	160	58,22	0,8
161	161	216	0,8
162	162	11,43	0,8
163	163	142,02	0,8
164	164	18,06	0,8
165	165	41,39	0,8
166	166	171,17	0,8
167	167	0,01	0,8
168	168	23,22	0,8
169	169	86,96	0,8
170	170	23,22	0,8
171	171	30,23	0,8
172	172	113,61	0,8
173	173	135	0,8
174	174	80,14	0,8
175	175	54,83	0,8
176	176	135	0,8
177	177	216	0,8
178	178	0,01	0,8
179	179	86,4	0,8
180	180	91,13	0,8
181	181	58,64	0,8
182	182	135	0,8
183	183	71	0,8
184	184	95,96	0,8
185	185	91,1	0,8
186	186	0,01	0,8
187	187	186,3	0,8
188	188	0	0,8
189	189	0	0,8
190	190	146,29	0,8
191	191	23,22	0,8
192	192	23,22	0,8
193	193	23,22	0,8
194	194	23,22	0,8
195	195	23,22	0,8

196	196	0,01	0,8
197	197	23,22	0,8
198	198	0	0,8
199	199	0	0,8
200	200	58,05	0,8

### 6.3.3 Sistema 3

**Datos de entrada para las líneas posibles del Sistema 3 - Red inicial con simulación radial**

Num	Lin	Lon	Norig	Ndes	Cal	Jec	Ro	Costo(	Tnenv	Tndes	Smaxl	Tlin	R	X
1	1	0,18	1	3	1	0,5	0,03	3596120	1	1	4250	1	0,257	0,087
2	1	0,18	1	3	2	0,6	0,03	3929660	1	1	6218	1	0,102	0,095
3	2	0,175	2	3	1	0,5	0,03	3563350	1	1	4250	1	0,257	0,087
4	2	0,175	2	3	2	0,6	0,03	3887625	1	1	6218	1	0,102	0,095
5	3	0,147	2	20	1	0,5	0,03	2993214	1	1	4250	1	0,257	0,087
6	3	0,147	2	20	2	0,6	0,03	3265605	1	1	6218	1	0,102	0,095
7	5	0,08	3	5	1	0,5	0,03	1509054	1	1	4250	1	0,257	0,087
8	5	0,08	3	5	2	0,6	0,03	1657294	1	1	6218	1	0,102	0,095
9	7	0,23	20	6	1	0,5	0,03	3863812	1	1	4250	1	0,257	0,087
10	7	0,23	20	6	2	0,6	0,03	4290002	1	1	6218	1	0,102	0,095
11	8	0,03	5	7	1	0,5	0,03	610860	1	1	4250	1	0,257	0,087
12	8	0,03	5	7	2	0,6	0,03	666450	1	1	6218	1	0,102	0,095
13	9	0,195	7	6	1	0,5	0,03	3953330	1	1	4250	1	0,257	0,087
14	9	0,195	7	6	2	0,6	0,03	4314665	1	1	6218	1	0,102	0,095
15	10	0,15	9	6	1	0,5	0,03	3953330	2	1	4250	1	0,257	0,087
16	10	0,15	9	6	2	0,6	0,03	4314665	2	1	6218	1	0,102	0,095
17	11	0,08	9	7	1	0,5	0,03	3953330	2	1	4250	1	0,257	0,087
18	11	0,08	9	7	2	0,6	0,03	4314665	2	1	6218	1	0,102	0,095
19	12	0,25	5	20	2	0,6	0,03	5415730	1	1	6218	1	0,102	0,095
20	13	0,41	1	2	1	0,5	0,03	7589340	1	1	4250	1	0,257	0,087
21	16	0,6	8	1	3	0,7	0,03	16873200	2	1	7672	1	0,051	0,00475

Calibre1: 3x150al; Calibre2: 3x1x400al; Calibre 3: 2x3x1x400al



<b>Datos de entrada de Nodos de Alimentación</b>						
Numeración	Nnodo	Ncapac	Strx	Smin	Smax	Ctrx
1	8	1	450	50	418	10000000
2	9	1	400	50	380	25000000

<b>Datos de entrada de Nodos de Demanda</b>			
Numeración	Nnodo	Sdem	FP
1	1	10	0,85
2	2	100	0,85
3	3	50	0,85
4	20	20	0,85
5	5	30	0,85
6	6	80	0,85
7	7	70	0,85

## 6.4 ANEXO D - Soluciones de las simulaciones

A continuación son presentados los resultados obtenidos de las simulaciones realizadas e información complementaria no reportada en el texto.

### 6.4.1 Sistema 1

#### 6.4.1.1 Soluciones sin corrección de la linealización

Solución #1 del Sistema 1 Sin corrección de Jeconómica

#### Solución 1

NodOrigen	NodDestino	PotenciaLin (kVA)	PerdidasLin (kW)	Calibre	Jeconómica
2	20	250	0,095479301	1	0,5
5	3	50	0,010392305	1	0,5
20	6	80	0,047804602	1	0,5
5	7	70	0,00545596	1	0,5
20	5	150	0,077942286	2	0,4
1	2	350	0,372823936	1	0,5
8	1	360	0,336710677	3	0,3

Solución #2 del Sistema 1 Sin corrección de Jeconómica

#### Solución 2

NodOrigen	NodDestino	PotenciaLin (kVA)	PerdidasLin (kW)	Calibre	Jeconómica
1	3	250	0,11691343	1	0,5
3	5	200	0,041569219	1	0,5
5	7	150	0,011691343	1	0,5
7	6	80	0,040529989	1	0,5
5	20	20	0,010392305	2	0,4
1	2	100	0,106521125	1	0,5
8	1	360	0,336710677	3	0,3

## Solución #3 del Sistema 1 Sin corrección de Jeconómica

**Solución 3**

NodOrigen	NodDestino	PotenciaLin (kVA)	PerdidasLin (kW)	Calibre	Jeconómica
1	3	250	0,093530744	2	0,4
3	5	200	0,033255376	2	0,4
5	7	150	0,009353074	2	0,4
7	6	80	0,040529989	1	0,5
5	20	20	0,010392305	2	0,4
1	2	100	0,106521125	1	0,5
8	1	360	0,336710677	3	0,3

## 6.4.1.2 Soluciones del modelo no lineal

Solución #1 del Sistema 1. Modelación no lineal.

**Solución 1. Modelo no lineal**

NodOrigen	NodDestino	PotenciaLin (kVA)	Calibre
2	20	250	1
5	3	50	1
20	6	80	1
5	7	70	2
20	5	150	2
1	2	350	1
8	1	360	3

Solución #2 del Sistema 1. Modelación no lineal.

**Solución 2. Modelo no lineal**

NodOrigen	NodDestino	PotenciaLin (kVA)	Calibre
1	3	250	1
3	5	200	1
20	6	80	1
5	7	70	1
5	20	100	2
1	2	100	1
8	1	360	3

Solución #3 del Sistema 1. Modelación no lineal.

**Solución 3. Modelo no lineal**

NodOrigen	NodDestino	PotenciaLin (kVA)	Calibre
1	3	250	1
3	5	200	1
5	7	150	1
7	6	80	1
5	20	20	2
1	2	100	1
8	1	360	3

## 6.4.2 Sistema 2

### 6.4.2.1 Solución sin corrección de la linealización

Solución del Sistema2 Sin corrección de Jeconómica

#### Solución

NodOrigen	NodDestino	PotenciaLin (kVA)	PerdidasLin (kW)	CalibreLin	JeconomicaLin
67	65	895,119995	0,418606194	1	0,5
65	69	760,690002	0,345857855	1	0,5
69	58	697,350037	0,266329976	1	0,5
67	84	58,049999	0,012065466	1	0,5
67	92	23,219999	0,013875285	1	0,5
59	57	86,400002	0,006734214	1	0,5
64	70	478,420013	0,242379473	1	0,5
68	64	584,330017	0,129041383	1	0,5
58	68	641,890015	0,096725392	1	0,5
62	60	153,529999	0,119664791	1	0,5
70	62	288,529999	0,046476621	1	0,5
60	59	86,410004	0,026939973	1	0,5
66	63	165,720001	0,052958043	1	0,5
66	67	1090,119995	0,668402699	1	0,5
63	61	79,32	0,034003102	1	0,5
1	16	86,410004	0,053879946	1	0,5
6	5	126,840004	0,0362494	1	0,5
2	6	183,589996	0,067731274	1	0,5
5	4	0,01	3,51E-06	1	0,5
16	17	86,400002	0,071831613	1	0,5
1	13	74,870003	0,008753309	1	0,5
8	7	124,830002	0,084322643	1	0,5
2	8	124,839996	0,012973753	1	0,5
7	18	32,619999	0,005084955	1	0,5
13	15	0,01	7,01E-06	1	0,5
85	90	23,219999	0,015685105	1	0,5
9	2	443,429993	0,33985915	1	0,5
87	88	1365,459961	0,780465189	1	0,5
88	66	1342,23999	1,028736327	1	0,5
19	50	913,799988	0,569789283	1	0,5
50	51	472	0,232995475	1	0,5
51	55	337	0,280176539	1	0,5
55	26	202	0,136450963	1	0,5
26	30	86,400002	0,062852661	1	0,5
46	39	107,18	0,069615452	1	0,5
50	53	306,799988	0,119563463	1	0,5

53	23	306,529999	0,15927766	1	0,5
23	28	220,130005	0,148697778	1	0,5
28	33	133,729996	0,109443827	1	0,5
20	46	242,179993	0,144716478	1	0,5
19	43	437,410004	0,045456981	1	0,5
43	24	437,410004	0,397748584	1	0,5
24	34	351,01001	0,319182765	1	0,5
34	37	135,009995	0,077168576	1	0,5
37	40	135	0,099960982	1	0,5
47	42	63,630001	0,03636943	1	0,5
49	47	160,089996	0,083185202	1	0,5
32	19	1364,709961	0,638211687	1	0,5
27	35	135	0,087685072	1	0,5
48	44	135	0,042088835	1	0,5
54	22	221,830002	0,121029563	1	0,5
22	27	135,429993	0,066852914	1	0,5
32	54	268,700012	0,083772373	1	0,5
20	49	545,51001	0,141727658	1	0,5
36	31	86,400002	0,065097399	1	0,5
41	36	172,800003	0,083055302	1	0,5
45	41	250,420013	0,04554272	1	0,5
49	45	385,420013	0,100135057	1	0,5
48	20	1871,869995	1,799406535	1	0,5
29	38	2093,280029	1,740320335	1	0,5
38	48	2093,27002	1,30523401	1	0,5
21	52	2633,280029	0,752560842	1	0,5
25	29	2363,280029	0,920997244	1	0,5
52	25	2498,280029	1,784948526	1	0,5
32	21	2849,280029	0,8883176	1	0,5
20	71	1083,619995	1,492123486	1	0,5
71	73	132,429993	0,020643793	1	0,5
71	75	270,01001	0,105225988	1	0,5
80	74	54	0,032268107	1	0,5
75	80	270	0,101714684	1	0,5
71	72	547,450012	0,38402555	1	0,5
72	79	169,869995	0,088267039	1	0,5
72	76	334,790009	0,182660091	1	0,5
76	77	279,959991	0,101830035	1	0,5
78	82	140,809998	0,24145117	1	0,5
79	81	23,219999	0,012065465	1	0,5
77	78	231,309998	0,03605766	1	0,5
82	89	5,81	0,004996386	1	0,5
114	113	135	0,045596238	1	0,5
111	114	164,940002	0,047137937	1	0,5
93	112	42,450001	0,00992595	1	0,5
105	94	434,940002	0,259901673	1	0,5
94	111	299,940002	0,070134029	1	0,5

93	110	656,340027	0,306939854	1	0,5
110	105	569,940002	0,266534561	1	0,5
83	109	0,01	3,12E-06	1	0,5
106	102	78,959999	0,030771614	1	0,5
83	106	140	0,065471521	1	0,5
115	96	427,290009	0,133215841	1	0,5
95	100	290,559998	0,218920135	1	0,5
100	99	204,160004	0,08486772	1	0,5
99	101	185,820007	0,072416181	1	0,5
101	98	54	0,019641456	1	0,5
116	95	419,480011	0,234315823	1	0,5
96	116	419,490021	0,119885375	1	0,5
93	97	569,309998	0,162702184	1	0,5
97	115	498,300018	0,220085642	1	0,5
141	146	42,09	0,031712378	1	0,5
135	141	212,190002	0,121282875	1	0,5
152	131	329,430023	0,205412233	1	0,5
131	135	212,200012	0,226037839	1	0,5
148	56	123,160004	0,060796025	1	0,5
56	124	109,660004	0,071226262	1	0,5
123	126	54,830002	0,011396202	1	0,5
124	127	54,830002	0,008547151	1	0,5
118	199	222,550003	0,121422392	1	0,5
199	200	58,049999	0,003016366	1	0,5
199	157	164,5	0,025643012	1	0,5
157	123	164,490005	0,119660119	1	0,5
198	191	23,219999	0,002413093	1	0,5
198	196	146,299988	0,072218719	1	0,5
158	198	169,519989	0,32591513	1	0,5
196	190	146,289993	0,011402177	1	0,5
158	160	530,799988	0,317183529	1	0,5
160	171	216,540009	0,135020987	1	0,5
171	187	186,309998	0,121011893	1	0,5
187	167	0,01	6,50E-06	1	0,5
178	175	54,830002	0,025641454	1	0,5
160	184	256,040009	0,239476124	1	0,5
184	163	160,080002	0,103975011	1	0,5
163	164	18,059999	0,004222913	1	0,5
178	172	113,610001	0,091501907	1	0,5
159	178	168,449997	0,083152727	1	0,5
158	181	787,309998	0,572737585	1	0,5
181	185	354,450012	0,230222036	1	0,5
185	165	263,350006	0,109472542	1	0,5
165	169	221,959991	0,092267036	1	0,5
169	173	135	0,035074029	1	0,5
159	179	221,399994	0,069025687	1	0,5
179	176	135	0,052611043	1	0,5

161	168	23,219999	0,012668739	1	0,5
182	161	239,220001	0,142947713	1	0,5
181	182	374,220001	0,087502687	1	0,5
180	177	216	0,089789514	1	0,5
130	156	308,890015	0,08025198	1	0,5
129	130	377,950012	0,14729144	1	0,5
156	132	173,889999	0,140051636	1	0,5
132	139	38,889999	0,029301363	1	0,5
136	143	295,519989	0,199623698	1	0,5
143	147	178,070007	0,120286257	1	0,5
155	136	389,470001	0,232730731	1	0,5
147	149	86,400002	0,013468427	1	0,5
138	142	351	0,155027208	1	0,5
128	150	912,809998	0,213439495	1	0,5
145	144	22,07	0,005160559	1	0,5
148	145	127,540001	0,049703796	1	0,5
151	134	109,620003	0,059808236	1	0,5
134	194	23,219999	0,001508183	1	0,5
150	151	222,429993	0,086683511	1	0,5
189	188	69,659996	0,036196396	1	0,5
188	197	46,439999	0,036196397	1	0,5
197	195	23,219999	0,006032733	1	0,5
188	192	23,219999	0,003860949	1	0,5
137	148	307	0,279163289	1	0,5
154	137	339,380005	0,255703184	1	0,5
137	193	23,219999	0,002111456	1	0,5
150	154	555,380005	0,27415472	1	0,5
117	83	5045,129883	1,15347161	2	0,4
123	125	54,830002	0,011396202	1	0,5
201	91	2643,370117	5,845766678	2	0,4
91	1	2620,149902	5,081005391	2	0,4
91	86	23,219999	0,002654402	1	0,5
1	12	2458,870117	0,702716515	1	0,5
3	11	2404,030029	1,436546243	1	0,5
11	14	2317,630127	2,167696692	1	0,5
14	10	2238,870117	2,646623612	1	0,5
12	3	2404,040039	0,968111282	1	0,5
10	85	136,759995	0,042637547	1	0,5
10	9	1967,109985	0,817712265	1	0,5
9	87	1388,680054	1,35296123	1	0,5
83	32	4533,089844	1,083512786	2	0,4
201	122	6917,700195	0,754853917	3	0,3
119	93	6917,680176	11,60314949	3	0,3
122	119	6917,689941	13,47951425	3	0,3
118	120	88,449997	0,008042994	1	0,5
93	118	5629,930176	3,393461138	2	0,4
118	121	5318,930176	1,547726428	2	0,4



121	117	5045,140137	5,767369772	2	0,4
103	104	216	0,095401358	1	0,5
83	103	302,399994	0,125705317	2	0,4
108	107	42,099998	0,018594431	1	0,5
83	108	66,279999	0,017908851	2	0,4
140	152	396,490021	0,257527823	1	0,5
189	158	5625,120117	8,768694457	3	0,3
158	183	4134,569824	5,327996042	2	0,4
183	186	4028,919922	1,004874337	2	0,4
186	166	4028,909912	2,42844028	2	0,4
166	174	3857,73999	2,485630219	2	0,4
174	180	3777,600098	2,276962365	2	0,4
180	159	3470,469971	1,803309095	2	0,4
162	170	23,219999	0,013272012	1	0,5
183	162	34,650002	0,02340607	1	0,5
159	128	3079,48999	6,240584755	1	0,5
128	140	970,169983	0,277263311	1	0,5
140	129	512,950012	0,213229316	1	0,5
128	153	1110,109985	0,346098041	1	0,5
153	155	451,309998	0,128979155	1	0,5
133	138	486	0,517692666	1	0,5
153	133	572,400024	0,401527499	1	0,5
201	189	5694,779785	5,32636988	3	0,3

#### 6.4.2.2 Soluciones halladas con el método propuesto

Solución #1 del Sistema2 Con Corrección de Jeconómica

##### Solución 1

NodOrigen	NodDestino	PotenciaLin (kVA)	PerdidasLin (kW)	Calibre	Jeconómica
67	65	895,119995	0,387043609	1	0,462300385
65	69	760,690002	0,271837416	1	0,392990086
69	58	697,350037	0,191922387	1	0,360309399
67	84	58,049999	0,000721627	1	0,029904656
67	92	23,219999	0,00033195	1	0,011961907
59	57	86,400002	0,000601571	1	0,044665278
64	70	478,420013	0,119860122	1	0,247257164
68	64	584,330017	0,077930122	1	0,301957868
58	68	641,890015	0,0641635	1	0,331678674
62	60	153,529999	0,01899462	1	0,07936595
70	62	288,529999	0,013862389	1	0,149132924
60	59	86,410004	0,00240683	1	0,044670243
66	63	165,720001	0,009030753	1	0,085263282
66	67	1090,119995	0,75229218	1	0,562753697

63	61	79,32	0,002775456	1	0,040811805
1	16	86,410004	0,004675698	1	0,043389967
6	5	126,840004	0,004704059	1	0,064884647
2	6	183,589996	0,012721667	1	0,093912798
5	4	0,01	3,55E-10	1	5,06E-05
16	17	86,400002	0,006232821	1	0,043384947
1	13	74,870003	0,000658008	1	0,037586247
8	7	124,830002	0,010768969	1	0,063855738
2	8	124,839996	0,001657031	1	0,063860902
7	18	32,619999	0,000169702	1	0,016686655
13	15	0,01	3,55E-10	1	2,53E-05
85	90	23,219999	0,000371698	1	0,01184877
9	2	443,429993	0,154172206	1	0,226817795
87	88	1365,459961	1,099492621	1	0,704382871
88	66	1342,23999	1,424724245	1	0,692463271
19	50	913,799988	0,533912089	1	0,468517139
50	51	472	0,112792744	1	0,242049216
51	55	337	0,096861229	1	0,172857494
55	26	202	0,028279698	1	0,103625864
26	30	86,400002	0,005572067	1	0,044326424
46	39	107,18	0,007776597	1	0,055853956
50	53	306,799988	0,037616904	1	0,157309364
53	23	306,529999	0,050067661	1	0,157171008
23	28	220,130005	0,033571236	1	0,112884123
28	33	133,729996	0,015012124	1	0,068583695
20	46	242,179993	0,036525083	1	0,126195315
19	43	437,410004	0,020379615	1	0,224163751
43	24	437,410004	0,178321642	1	0,224163767
24	34	351,01001	0,114850775	1	0,179913811
34	37	135,009995	0,010682646	1	0,069216296
37	40	135	0,013836832	1	0,069211164
47	42	63,630001	0,002412188	1	0,033162306
49	47	160,089996	0,01388044	1	0,083430942
32	19	1364,709961	0,892971327	1	0,699588667
27	35	135	0,012107198	1	0,069037963
48	44	135	0,005897665	1	0,070062104
54	22	221,830002	0,027456309	1	0,113428108
22	27	135,429993	0,009260175	1	0,069257828
32	54	268,700012	0,023017886	1	0,137383514
20	49	545,51001	0,080594262	1	0,284327925
36	31	86,400002	0,005864737	1	0,045045862
41	36	172,800003	0,014964172	1	0,09008559
45	41	250,420013	0,011890413	1	0,130541318
49	45	385,420013	0,04023366	1	0,200896977
48	20	1871,869995	3,517793224	1	0,977487065
29	38	2093,280029	3,802213739	1	1,092389045
38	48	2093,27002	2,851633172	1	1,092383875

21	52	2633,280029	2,062472348	1	1,370302727
25	29	2363,280029	2,268616749	1	1,23160887
52	25	2498,280029	4,644739955	1	1,301085126
32	21	2849,280029	2,630979426	1	1,480877688
20	71	1083,619995	1,691091845	1	0,566672887
71	73	132,429993	0,002857121	1	0,069200497
71	75	270,01001	0,029705104	1	0,141149087
80	74	54	0,001821877	1	0,028230301
75	80	270	0,028712807	1	0,141143866
71	72	547,450012	0,22000564	1	0,286446617
72	79	169,869995	0,015684875	1	0,088848995
72	76	334,790009	0,064011742	1	0,175220931
76	77	279,959991	0,029843737	1	0,146537009
78	82	140,809998	0,035600773	1	0,073722511
79	81	23,219999	0,000293077	1	0,012145278
77	78	231,309998	0,00873177	1	0,121080654
82	89	5,81	3,04E-05	1	0,003041918
114	113	135	0,006192278	1	0,067903388
111	114	164,940002	0,007821264	1	0,082961463
93	112	42,450001	0,000423033	1	0,021309445
105	94	434,940002	0,113698257	1	0,218733216
94	111	299,940002	0,021159737	1	0,150852141
93	110	656,340027	0,202565847	1	0,329976451
110	105	569,940002	0,152766255	1	0,286578698
83	109	0,01	3,55E-10	1	5,70E-05
106	102	78,959999	0,002480021	1	0,040297217
83	106	140	0,009355486	1	0,071446986
115	96	427,290009	0,057272502	1	0,214961304
95	100	290,559998	0,064015764	1	0,14620803
100	99	204,160004	0,017438906	1	0,102741691
99	101	185,820007	0,013543792	1	0,093513572
101	98	54	0,001067558	1	0,027176145
116	95	419,480011	0,098898509	1	0,211036769
96	116	419,490021	0,050601648	1	0,211041791
93	97	569,309998	0,093160491	1	0,286291458
97	115	498,300018	0,110322019	1	0,250634293
141	146	42,09	0,001380154	1	0,021760487
135	141	212,190002	0,026608541	1	0,109696201
152	131	329,430023	0,06994759	1	0,1702615
131	135	212,200012	0,049593318	1	0,109701363
148	56	123,160004	0,007742702	1	0,063677701
56	124	109,660004	0,008076879	1	0,05669874
123	126	54,830002	0,000630611	1	0,027667593
124	127	54,830002	0,000484616	1	0,028349546
118	199	222,550003	0,027269123	1	0,112290339
199	200	58,049999	0,000176667	1	0,029284656
199	157	164,5	0,004257103	1	0,08300708

157	123	164,490005	0,019864063	1	0,083002021
198	191	23,219999	5,59E-05	1	0,011584374
198	196	146,299988	0,010544452	1	0,073003597
158	198	169,519989	0,055137329	1	0,084588477
196	190	146,289993	0,001664687	1	0,07299863
158	160	530,799988	0,168075313	1	0,264949623
160	171	216,540009	0,029187508	1	0,10808508
171	187	186,309998	0,022507982	1	0,092999049
187	167	0,01	1,78E-10	1	1,37E-05
178	175	54,830002	0,001432093	1	0,027925351
160	184	256,040009	0,061218795	1	0,12781816
184	163	160,080002	0,016619382	1	0,079920076
163	164	18,059999	7,62E-05	1	0,009016575
178	172	113,610001	0,010590477	1	0,057870251
159	178	168,449997	0,014269123	1	0,085800693
158	181	787,309998	0,450399384	1	0,393198731
181	185	354,450012	0,081528042	1	0,177063942
185	165	263,350006	0,02880644	1	0,131569246
165	169	221,959991	0,020463876	1	0,11089484
169	173	135	0,004731491	1	0,067450058
159	179	221,399994	0,015566532	1	0,112758978
179	176	135	0,007234898	1	0,068758357
161	168	23,219999	0,000293818	1	0,011596194
182	161	239,220001	0,034154533	1	0,119465125
181	182	374,220001	0,032702186	1	0,186863894
180	177	216	0,019705673	1	0,109732596
130	156	308,890015	0,025614862	1	0,159590216
129	130	377,950012	0,057519818	1	0,195258522
156	132	173,889999	0,025168244	1	0,089853445
132	139	38,889999	0,001177704	1	0,020096409
136	143	295,519989	0,060981298	1	0,152740628
143	147	178,070007	0,022143681	1	0,092045765
155	136	389,470001	0,093684006	1	0,20127124
147	149	86,400002	0,00120304	1	0,04466148
138	142	351	0,056299736	1	0,181580179
128	150	912,809998	0,201245859	1	0,47143538
145	144	22,07	0,000117755	1	0,011409103
148	145	127,540001	0,006554113	1	0,065931714
151	134	109,620003	0,006768412	1	0,056584283
134	194	23,219999	3,62E-05	1	0,011985419
150	151	222,429993	0,019903912	1	0,114807948
189	188	69,659996	0,002502095	1	0,034562758
188	197	46,439999	0,001668102	1	0,023042383
197	195	23,219999	0,000139008	1	0,011521184
188	192	23,219999	8,90E-05	1	0,011520385
137	148	307	0,088612354	1	0,158710613
154	137	339,380005	0,089720129	1	0,175438036

137	193	23,219999	5,07E-05	1	0,011995851
150	154	555,380005	0,15734484	1	0,286963581
117	83	5045,129883	2,981287892	2	1,033848728
123	125	54,830002	0,000630611	1	0,027667593
201	91	2643,370117	7,856319938	2	0,537573281
91	1	2620,149902	6,770182895	2	0,532979784
91	86	23,219999	6,15E-05	1	0,011576557
1	12	2458,870117	1,773563409	1	1,261933774
3	11	2404,030029	3,546451302	1	1,234367261
11	14	2317,630127	5,162241427	1	1,190720419
14	10	2238,870117	6,091229826	1	1,150754833
12	3	2404,040039	2,390019485	1	1,234372293
10	85	136,759995	0,005950878	1	0,069784482
10	9	1967,109985	1,655201287	1	1,012092736
9	87	1388,680054	1,938206687	1	0,716283159
83	32	4533,089844	2,519531401	2	0,930134442
201	122	6917,700195	1,771340686	3	0,703980192
119	93	6917,680176	27,22788192	3	0,703978224
122	119	6917,689941	31,6309939	3	0,703979238
118	120	88,449997	0,000717564	1	0,044608034
93	118	5629,930176	9,764910091	2	1,1510266
118	121	5318,930176	4,21276797	2	1,088762948
121	117	5045,140137	14,90649816	2	1,033850698
103	104	216	0,021036841	1	0,110254408
83	103	302,399994	0,019251318	2	0,061258564
108	107	42,099998	0,000798922	1	0,021482835
83	108	66,279999	0,000600981	2	0,013423113
140	152	396,490021	0,105529466	1	0,204889446
189	158	5625,120117	16,64820232	3	0,569578598
158	183	4134,569824	11,2400048	2	0,843844831
183	186	4028,919922	2,066996532	2	0,822788067
186	166	4028,909912	4,995217104	2	0,822786073
166	174	3857,73999	4,89985378	2	0,788508885
174	180	3777,600098	4,396844332	2	0,772405271
180	159	3470,469971	3,203066901	2	0,710486496
162	170	23,219999	0,000309578	1	0,011662812
183	162	34,650002	0,000814702	1	0,017403638
159	128	3079,48999	19,85781941	1	1,591022331
128	140	970,169983	0,277925665	1	0,501194449
140	129	512,950012	0,11299551	1	0,264962417
128	153	1110,109985	0,39720109	1	0,573827417
153	155	451,309998	0,060155819	1	0,233199773
133	138	486	0,260291977	1	0,251396238
153	133	572,400024	0,237728788	1	0,296030519
201	189	5694,779785	10,23437138	3	0,576436012

## Solución #2 del Sistema2 Con Corrección de Jeconómica

## Solución 2

NodOrigen	NodDestino	PotenciaLin (kVA)	PerdidasLin (kW)	Calibre	Jeconómica
67	65	895,119995	0,387043609	1	0,462300385
65	69	760,690002	0,271837416	1	0,392990086
69	58	697,350037	0,191922387	1	0,360309399
67	84	58,049999	0,000721627	1	0,029904656
67	92	23,219999	0,00033195	1	0,011961907
59	57	86,400002	0,000601571	1	0,044665278
64	70	478,420013	0,119860122	1	0,247257164
68	64	584,330017	0,077930122	1	0,301957868
58	68	641,890015	0,0641635	1	0,331678674
62	60	153,529999	0,01899462	1	0,07936595
70	62	288,529999	0,013862389	1	0,149132924
60	59	86,410004	0,00240683	1	0,044670243
66	63	165,720001	0,009030753	1	0,085263282
66	67	1090,119995	0,75229218	1	0,562753697
63	61	79,32	0,002775456	1	0,040811805
1	16	86,410004	0,004675698	1	0,043389967
6	5	126,840004	0,004704059	1	0,064884647
2	6	183,589996	0,012721667	1	0,093912798
5	4	0,01	3,55E-10	1	5,06E-05
16	17	86,400002	0,006232821	1	0,043384947
1	13	74,870003	0,000658008	1	0,037586247
8	7	124,830002	0,010768969	1	0,063855738
2	8	124,839996	0,001657031	1	0,063860902
7	18	32,619999	0,000169702	1	0,016686655
13	15	0,01	3,55E-10	1	2,53E-05
85	90	23,219999	0,000371698	1	0,01184877
9	2	443,429993	0,154172206	1	0,226817795
87	88	1365,459961	1,099492621	1	0,704382871
88	66	1342,23999	1,424724245	1	0,692463271
19	50	913,799988	0,533904463	1	0,468510447
50	51	472	0,112791133	1	0,242045758
51	55	337	0,096859845	1	0,172855024
55	26	202	0,028279294	1	0,103624383
26	30	86,400002	0,005571987	1	0,044325788
46	39	107,18	0,007762936	1	0,055755842
50	53	306,799988	0,037616367	1	0,157307116
53	23	306,529999	0,050066944	1	0,157168759
23	28	220,130005	0,033570757	1	0,112882511
28	33	133,729996	0,01501191	1	0,068582715
20	46	242,179993	0,036460928	1	0,125973656
19	43	437,410004	0,020379325	1	0,224160563
43	24	437,410004	0,178319097	1	0,224160567
24	34	351,01001	0,114849135	1	0,179911242

34	37	135,009995	0,010682493	1	0,069215305
37	40	135	0,013836634	1	0,069210176
47	42	63,630001	0,002407951	1	0,033104049
49	47	160,089996	0,013856056	1	0,083284382
32	19	1364,709961	0,892958577	1	0,699578678
27	35	135	0,012107025	1	0,069036982
48	44	135	0,005887347	1	0,06993954
54	22	221,830002	0,027455918	1	0,113426495
22	27	135,429993	0,009260043	1	0,069256839
32	54	268,700012	0,023017558	1	0,137381558
20	49	545,51001	0,080452663	1	0,283828379
36	31	86,400002	0,00585443	1	0,044966697
41	36	172,800003	0,014937875	1	0,089927281
45	41	250,420013	0,011869521	1	0,13031195
49	45	385,420013	0,040162972	1	0,200544012
48	20	1871,869995	3,51160105	1	0,975766449
29	38	2093,280029	3,795525295	1	1,090467432
38	48	2093,27002	2,846616886	1	1,090462271
21	52	2633,280029	2,059034253	1	1,368018463
25	29	2363,280029	2,264631452	1	1,229445293
52	25	2498,280029	1,840201439	2	0,515477453
32	21	2849,280029	2,626920902	1	1,4785933
20	71	1083,619995	1,688110866	1	0,565673981
71	73	132,429993	0,002852087	1	0,069078567
71	75	270,01001	0,02965276	1	0,140900364
80	74	54	0,001818666	1	0,028180555
75	80	270	0,028662211	1	0,140895151
71	72	547,450012	0,219617607	1	0,285941399
72	79	169,869995	0,015657222	1	0,088692349
72	76	334,790009	0,063898813	1	0,174911805
76	77	279,959991	0,029791083	1	0,146278466
78	82	140,809998	0,035537944	1	0,073592403
79	81	23,219999	0,00029256	1	0,012123856
77	78	231,309998	0,008716363	1	0,120867004
82	89	5,81	3,03E-05	1	0,003036532
114	113	135	0,006192234	1	0,067902908
111	114	164,940002	0,007821208	1	0,082960868
93	112	42,450001	0,000423029	1	0,02130923
105	94	434,940002	0,113697444	1	0,218731651
94	111	299,940002	0,021159585	1	0,150851062
93	110	656,340027	0,202564399	1	0,329974092
110	105	569,940002	0,152765162	1	0,286576648
83	109	0,01	3,55E-10	1	5,70E-05
106	102	78,959999	0,002479987	1	0,040296668
83	106	140	0,009355359	1	0,07144602
115	96	427,290009	0,057272092	1	0,214959768
95	100	290,559998	0,064015305	1	0,146206984

100	99	204,160004	0,017438781	1	0,102740956
99	101	185,820007	0,013543694	1	0,0935129
101	98	54	0,001067551	1	0,027175973
116	95	419,480011	0,098897802	1	0,211035261
96	116	419,490021	0,050601286	1	0,211040281
93	97	569,309998	0,093159824	1	0,286289408
97	115	498,300018	0,110321229	1	0,2506325
141	146	42,09	0,001380154	1	0,021760487
135	141	212,190002	0,026608541	1	0,109696201
152	131	329,430023	0,06994759	1	0,1702615
131	135	212,200012	0,049593318	1	0,109701363
148	56	123,160004	0,007742702	1	0,063677701
56	124	109,660004	0,008076879	1	0,05669874
123	126	54,830002	0,000630605	1	0,027667312
124	127	54,830002	0,000484616	1	0,028349546
118	199	222,550003	0,027268882	1	0,112289347
199	200	58,049999	0,000176655	1	0,029282771
199	157	164,5	0,004257063	1	0,083006304
157	123	164,490005	0,019863888	1	0,083001288
198	191	23,219999	5,59E-05	1	0,011584374
198	196	146,299988	0,010544452	1	0,073003597
158	198	169,519989	0,055137329	1	0,084588477
196	190	146,289993	0,001664687	1	0,07299863
158	160	530,799988	0,168075313	1	0,264949623
160	171	216,540009	0,029187508	1	0,10808508
171	187	186,309998	0,022507982	1	0,092999049
187	167	0,01	1,78E-10	1	1,37E-05
178	175	54,830002	0,001432093	1	0,027925351
160	184	256,040009	0,061218795	1	0,12781816
184	163	160,080002	0,016619382	1	0,079920076
163	164	18,059999	7,62E-05	1	0,009016575
178	172	113,610001	0,010590477	1	0,057870251
159	178	168,449997	0,014269123	1	0,085800693
158	181	787,309998	0,450399384	1	0,393198731
181	185	354,450012	0,081528042	1	0,177063942
185	165	263,350006	0,02880644	1	0,131569246
165	169	221,959991	0,020463876	1	0,11089484
169	173	135	0,004731491	1	0,067450058
159	179	221,399994	0,015566532	1	0,112758978
179	176	135	0,007234898	1	0,068758357
161	168	23,219999	0,000293818	1	0,011596194
182	161	239,220001	0,034154533	1	0,119465125
181	182	374,220001	0,032702186	1	0,186863894
180	177	216	0,019705673	1	0,109732596
130	156	308,890015	0,025614862	1	0,159590216
129	130	377,950012	0,057519818	1	0,195258522
156	132	173,889999	0,025168244	1	0,089853445



132	139	38,889999	0,001177704	1	0,020096409
136	143	295,519989	0,060981298	1	0,152740628
143	147	178,070007	0,022143681	1	0,092045765
155	136	389,470001	0,093684006	1	0,20127124
147	149	86,400002	0,00120304	1	0,04466148
138	142	351	0,056299736	1	0,181580179
128	150	912,809998	0,201245859	1	0,47143538
145	144	22,07	0,000117755	1	0,011409103
148	145	127,540001	0,006554113	1	0,065931714
151	134	109,620003	0,006768412	1	0,056584283
134	194	23,219999	3,62E-05	1	0,011985419
150	151	222,429993	0,019903912	1	0,114807948
189	188	69,659996	0,002502095	1	0,034562758
188	197	46,439999	0,001668102	1	0,023042383
197	195	23,219999	0,000139008	1	0,011521184
188	192	23,219999	8,90E-05	1	0,011520385
137	148	307	0,088612354	1	0,158710613
154	137	339,380005	0,089720129	1	0,175438036
137	193	23,219999	5,07E-05	1	0,011995851
150	154	555,380005	0,15734484	1	0,286963581
117	83	5045,129883	2,978665308	2	1,03293927
123	125	54,830002	0,000630605	1	0,027667312
201	91	2643,370117	7,856319938	2	0,537573281
91	1	2620,149902	6,770182895	2	0,532979784
91	86	23,219999	6,15E-05	1	0,011576557
1	12	2458,870117	1,773563409	1	1,261933774
3	11	2404,030029	3,546451302	1	1,234367261
11	14	2317,630127	5,162241427	1	1,190720419
14	10	2238,870117	6,091229826	1	1,150754833
12	3	2404,040039	2,390019485	1	1,234372293
10	85	136,759995	0,005950878	1	0,069784482
10	9	1967,109985	1,655201287	1	1,012092736
9	87	1388,680054	1,938206687	1	0,716283159
83	32	4533,089844	2,517069839	2	0,929225708
201	122	6917,700195	1,770196747	3	0,703525559
119	93	6917,680176	27,21029792	3	0,703523589
122	119	6917,689941	31,61056635	3	0,703524602
118	120	88,449997	0,000717559	1	0,044607681
93	118	5629,930176	9,757194568	2	1,150117143
118	121	5318,930176	4,209248938	2	1,087853477
121	117	5045,140137	14,89338521	2	1,03294124
103	104	216	0,021036556	1	0,110252916
83	103	302,399994	0,019251058	2	0,061257737
108	107	42,099998	0,000798911	1	0,021482539
83	108	66,279999	0,000600973	2	0,013422938
140	152	396,490021	0,105529466	1	0,204889446
189	158	5625,120117	16,64820232	3	0,569578598

158	183	4134,569824	11,2400048	2	0,843844831
183	186	4028,919922	2,066996532	2	0,822788067
186	166	4028,909912	4,995217104	2	0,822786073
166	174	3857,73999	4,89985378	2	0,788508885
174	180	3777,600098	4,396844332	2	0,772405271
180	159	3470,469971	3,203066901	2	0,710486496
162	170	23,219999	0,000309578	1	0,011662812
183	162	34,650002	0,000814702	1	0,017403638
159	128	3079,48999	19,85781941	1	1,591022331
128	140	970,169983	0,277925665	1	0,501194449
140	129	512,950012	0,11299551	1	0,264962417
128	153	1110,109985	0,39720109	1	0,573827417
153	155	451,309998	0,060155819	1	0,233199773
133	138	486	0,260291977	1	0,251396238
153	133	572,400024	0,237728788	1	0,296030519
201	189	5694,779785	10,23437138	3	0,576436012

## Solución #3 del Sistema2 Con Corrección de Jeconómica

**Solución 3**

NodOrigen	NodDestino	PotenciaLin (kVA)	PerdidasLin (kW)	Calibre	Jeconómica
67	65	895,119995	0,387043609	1	0,462300385
65	69	760,690002	0,271837416	1	0,392990086
69	58	697,350037	0,191922387	1	0,360309399
67	84	58,049999	0,000721627	1	0,029904656
67	92	23,219999	0,00033195	1	0,011961907
59	57	86,400002	0,000601571	1	0,044665278
64	70	478,420013	0,119860122	1	0,247257164
68	64	584,330017	0,077930122	1	0,301957868
58	68	641,890015	0,0641635	1	0,331678674
62	60	153,529999	0,01899462	1	0,07936595
70	62	288,529999	0,013862389	1	0,149132924
60	59	86,410004	0,00240683	1	0,044670243
66	63	165,720001	0,009030753	1	0,085263282
66	67	1090,119995	0,75229218	1	0,562753697
63	61	79,32	0,002775456	1	0,040811805
1	16	86,410004	0,004675698	1	0,043389967
6	5	126,840004	0,004704059	1	0,064884647
2	6	183,589996	0,012721667	1	0,093912798
5	4	0,01	3,55E-10	1	5,06E-05
16	17	86,400002	0,006232821	1	0,043384947
1	13	74,870003	0,000658008	1	0,037586247
8	7	124,830002	0,010768969	1	0,063855738
2	8	124,839996	0,001657031	1	0,063860902
7	18	32,619999	0,000169702	1	0,016686655

13	15	0,01	3,55E-10	1	2,53E-05
85	90	23,219999	0,000371698	1	0,01184877
9	2	443,429993	0,154172206	1	0,226817795
87	88	1365,459961	1,099492621	1	0,704382871
88	66	1342,23999	1,424724245	1	0,692463271
19	50	913,799988	0,533899788	1	0,468506345
50	51	472	0,112790145	1	0,242043638
51	55	337	0,096858996	1	0,17285351
55	26	202	0,028279046	1	0,103623477
26	30	86,400002	0,005571939	1	0,0443254
46	39	107,18	0,007752997	1	0,055684452
50	53	306,799988	0,037616037	1	0,157305737
53	23	306,529999	0,050066506	1	0,157167384
23	28	220,130005	0,033570463	1	0,112881522
28	33	133,729996	0,015011778	1	0,068582115
20	46	242,179993	0,036414247	1	0,125812371
19	43	437,410004	0,020379149	1	0,224158624
43	24	437,410004	0,178317535	1	0,224158605
24	34	351,01001	0,11484813	1	0,179909667
34	37	135,009995	0,010682399	1	0,069214699
37	40	135	0,013836513	1	0,06920957
47	42	63,630001	0,002404867	1	0,033061657
49	47	160,089996	0,013838313	1	0,083177732
32	19	1364,709961	0,892950758	1	0,699572552
27	35	135	0,012106919	1	0,069036377
48	44	135	0,00587984	1	0,069850357
54	22	221,830002	0,027455679	1	0,113425505
22	27	135,429993	0,009259963	1	0,069256239
32	54	268,700012	0,023017357	1	0,137380358
20	49	545,51001	0,080349633	1	0,2834649
36	31	86,400002	0,005846931	1	0,044909095
41	36	172,800003	0,014918741	1	0,089812096
45	41	250,420013	0,011854318	1	0,130145036
49	45	385,420013	0,040111532	1	0,200287156
48	20	1871,869995	3,507095491	1	0,974514492
29	38	2093,280029	3,790658652	1	1,089069229
38	48	2093,27002	1,128337065	2	0,432235544
21	52	2633,280029	2,056928011	1	1,366619079
25	29	2363,280029	2,262054629	1	1,228046362
52	25	2498,280029	1,838218993	2	0,51492213
32	21	2849,280029	2,624434361	1	1,477193721
20	71	1083,619995	1,68594185	1	0,56494716
71	73	132,429993	0,002848426	1	0,068989886
71	75	270,01001	0,029614674	1	0,140719391
80	74	54	0,00181633	1	0,028144359
75	80	270	0,028625398	1	0,140714188
71	72	547,450012	0,219335267	1	0,285573794

72	79	169,869995	0,015637101	1	0,088578368
72	76	334,790009	0,063816643	1	0,17468688
76	77	279,959991	0,029752771	1	0,14609035
78	82	140,809998	0,035492228	1	0,073497735
79	81	23,219999	0,000292184	1	0,012108279
77	78	231,309998	0,008705153	1	0,120711565
82	89	5,81	3,03E-05	1	0,003032639
114	113	135	0,006192207	1	0,067902608
111	114	164,940002	0,007821173	1	0,082960498
93	112	42,450001	0,000423027	1	0,021309159
105	94	434,940002	0,113696945	1	0,218730692
94	111	299,940002	0,021159492	1	0,150850393
93	110	656,340027	0,202563511	1	0,329972645
110	105	569,940002	0,152764493	1	0,286575393
83	109	0,01	1	1	5,70E-05
106	102	78,959999	0,002479966	1	0,040296328
83	106	140	0,009355281	1	0,071445423
115	96	427,290009	0,057271841	1	0,214958822
95	100	290,559998	0,064015025	1	0,146206343
100	99	204,160004	0,017438705	1	0,102740506
99	101	185,820007	0,013543636	1	0,093512495
101	98	54	0,001067547	1	0,027175856
116	95	419,480011	0,098897367	1	0,211034334
96	116	419,490021	0,050601065	1	0,211039356
93	97	569,309998	0,093159415	1	0,286288153
97	115	498,300018	0,110320745	1	0,2506314
141	146	42,09	0,001380154	1	0,021760487
135	141	212,190002	0,026608541	1	0,109696201
152	131	329,430023	0,06994759	1	0,1702615
131	135	212,200012	0,049593318	1	0,109701363
148	56	123,160004	0,007742702	1	0,063677701
56	124	109,660004	0,008076879	1	0,05669874
123	126	54,830002	0,000630601	1	0,027667156
124	127	54,830002	0,000484616	1	0,028349546
118	199	222,550003	0,027268733	1	0,112288734
199	200	58,049999	0,000176652	1	0,0292823
199	157	164,5	0,004257041	1	0,083005874
157	123	164,490005	0,01986378	1	0,083000836
198	191	23,219999	5,59E-05	1	0,011584374
198	196	146,299988	0,010544452	1	0,073003597
158	198	169,519989	0,055137329	1	0,084588477
196	190	146,289993	0,001664687	1	0,07299863
158	160	530,799988	0,168075313	1	0,264949623
160	171	216,540009	0,029187508	1	0,10808508
171	187	186,309998	0,022507982	1	0,092999049
187	167	0,01	1,78E-10	1	1,37E-05
178	175	54,830002	0,001432093	1	0,027925351

160	184	256,040009	0,061218795	1	0,12781816
184	163	160,080002	0,016619382	1	0,079920076
163	164	18,059999	7,62E-05	1	0,009016575
178	172	113,610001	0,010590477	1	0,057870251
159	178	168,449997	0,014269123	1	0,085800693
158	181	787,309998	0,450399384	1	0,393198731
181	185	354,450012	0,081528042	1	0,177063942
185	165	263,350006	0,02880644	1	0,131569246
165	169	221,959991	0,020463876	1	0,11089484
169	173	135	0,004731491	1	0,067450058
159	179	221,399994	0,015566532	1	0,112758978
179	176	135	0,007234898	1	0,068758357
161	168	23,219999	0,000293818	1	0,011596194
182	161	239,220001	0,034154533	1	0,119465125
181	182	374,220001	0,032702186	1	0,186863894
180	177	216	0,019705673	1	0,109732596
130	156	308,890015	0,025614862	1	0,159590216
129	130	377,950012	0,057519818	1	0,195258522
156	132	173,889999	0,025168244	1	0,089853445
132	139	38,889999	0,001177704	1	0,020096409
136	143	295,519989	0,060981298	1	0,152740628
143	147	178,070007	0,022143681	1	0,092045765
155	136	389,470001	0,093684006	1	0,20127124
147	149	86,400002	0,00120304	1	0,04466148
138	142	351	0,056299736	1	0,181580179
128	150	912,809998	0,201245859	1	0,47143538
145	144	22,07	0,000117755	1	0,011409103
148	145	127,540001	0,006554113	1	0,065931714
151	134	109,620003	0,006768412	1	0,056584283
134	194	23,219999	3,62E-05	1	0,011985419
150	151	222,429993	0,019903912	1	0,114807948
189	188	69,659996	0,002502095	1	0,034562758
188	197	46,439999	0,001668102	1	0,023042383
197	195	23,219999	0,000139008	1	0,011521184
188	192	23,219999	8,90E-05	1	0,011520385
137	148	307	0,088612354	1	0,158710613
154	137	339,380005	0,089720129	1	0,175438036
137	193	23,219999	5,07E-05	1	0,011995851
150	154	555,380005	0,15734484	1	0,286963581
117	83	5045,129883	2,977057808	2	1,032381823
123	125	54,830002	0,000630601	1	0,027667156
201	91	2643,370117	7,856319938	2	0,537573281
91	1	2620,149902	6,770182895	2	0,532979784
91	86	23,219999	6,15E-05	1	0,011576557
1	12	2458,870117	1,773563409	1	1,261933774
3	11	2404,030029	3,546451302	1	1,234367261
11	14	2317,630127	5,162241427	1	1,190720419

14	10	2238,870117	6,091229826	1	1,150754833
12	3	2404,040039	2,390019485	1	1,234372293
10	85	136,759995	0,005950878	1	0,069784482
10	9	1967,109985	1,655201287	1	1,012092736
9	87	1388,680054	1,938206687	1	0,716283159
83	32	4533,089844	2,515561135	2	0,928668741
201	122	6917,700195	1,769495452	3	0,703246845
119	93	6917,680176	27,19951822	3	0,70324488
122	119	6917,689941	31,59804346	3	0,703245893
118	120	88,449997	0,000717553	1	0,044607328
93	118	5629,930176	9,752465101	2	1,149559663
118	121	5318,930176	4,207091903	2	1,087296005
121	117	5045,140137	14,88534769	2	1,032383792
103	104	216	0,021036381	1	0,110251998
83	103	302,399994	0,019250896	2	0,061257222
108	107	42,099998	0,000798904	1	0,021482357
83	108	66,279999	0,000600969	2	0,013422827
140	152	396,490021	0,105529466	1	0,204889446
189	158	5625,120117	16,64820232	3	0,569578598
158	183	4134,569824	11,2400048	2	0,843844831
183	186	4028,919922	2,066996532	2	0,822788067
186	166	4028,909912	4,995217104	2	0,822786073
166	174	3857,73999	4,89985378	2	0,788508885
174	180	3777,600098	4,396844332	2	0,772405271
180	159	3470,469971	3,203066901	2	0,710486496
162	170	23,219999	0,000309578	1	0,011662812
183	162	34,650002	0,000814702	1	0,017403638
159	128	3079,48999	19,85781941	1	1,591022331
128	140	970,169983	0,277925665	1	0,501194449
140	129	512,950012	0,11299551	1	0,264962417
128	153	1110,109985	0,39720109	1	0,573827417
153	155	451,309998	0,060155819	1	0,233199773
133	138	486	0,260291977	1	0,251396238
153	133	572,400024	0,237728788	1	0,296030519
201	189	5694,779785	10,23437138	3	0,576436012

## Solución #4 del Sistema2 Con Corrección de Jeconómica

**Solución 4**

NodOrigen	NodDestino	PotenciaLin (kVA)	PerdidasLin (kW)	Calibre	Jeconómica
67	65	895,119995	0,387043609	1	0,46230038 5
65	69	760,690002	0,271837416	1	0,39299008 6
69	58	697,350037	0,191922387	1	0,36030939 9

67	84	58,049999	0,000721627	1	0,029904656
67	92	23,219999	0,00033195	1	0,011961907
59	57	86,400002	0,000601571	1	0,044665278
64	70	478,420013	0,119860122	1	0,247257164
68	64	584,330017	0,077930122	1	0,301957868
58	68	641,890015	0,0641635	1	0,331678674
62	60	153,529999	0,01899462	1	0,07936595
70	62	288,529999	0,013862389	1	0,149132924
60	59	86,410004	0,00240683	1	0,044670243
66	63	165,720001	0,009030753	1	0,085263282
66	67	1090,119995	0,75229218	1	0,562753697
63	61	79,32	0,002775456	1	0,040811805
1	16	86,410004	0,004675698	1	0,043389967
6	5	126,840004	0,004704059	1	0,064884647
2	6	183,589996	0,012721667	1	0,093912798
5	4	0,01	3,55E-10	1	5,06E-05
16	17	86,400002	0,006232821	1	0,043384947
1	13	74,870003	0,000658008	1	0,037586247
8	7	124,830002	0,010768969	1	0,063855738
2	8	124,839996	0,001657031	1	0,063860902
7	18	32,619999	0,000169702	1	0,016686655
13	15	0,01	3,55E-10	1	2,53E-05
85	90	23,219999	0,000371698	1	0,01184877
9	2	443,429993	0,154172206	1	0,226817795
87	88	1365,459961	1,099492621	1	0,704382871
88	66	1342,23999	1,424724245	1	0,692463271
19	50	913,799988	0,533890214	1	0,468497943
50	51	472	0,112788121	1	0,242039296
51	55	337	0,096857259	1	0,172850409

55	26	202	0,028278539	1	0,10362161 6
26	30	86,400002	0,005571839	1	0,04432460 8
46	39	107,18	0,007734106	1	0,05554877 2
50	53	306,799988	0,037615363	1	0,15730291 9
53	23	306,529999	0,050065609	1	0,15716456 6
23	28	220,130005	0,03356986	1	0,11287949 6
28	33	133,729996	0,015011509	1	0,06858088 4
20	46	242,179993	0,036325529	1	0,12550584 8
19	43	437,410004	0,020378782	1	0,22415459 2
43	24	437,410004	0,17831434	1	0,22415458 8
24	34	351,01001	0,114846071	1	0,17990644 2
34	37	135,009995	0,010682208	1	0,06921345 8
37	40	135	0,013836265	1	0,06920833 1
47	42	63,630001	0,002399007	1	0,03298108 9
49	47	160,089996	0,013804594	1	0,08297505 9
32	19	1364,709961	0,892934748	1	0,69956001
27	35	135	0,012106703	1	0,06903514 1
48	44	135	0,005865573	1	0,06968086 6
54	22	221,830002	0,027455187	1	0,11342347 5
22	27	135,429993	0,009259797	1	0,06925499 8
32	54	268,700012	0,023016946	1	0,13737790 1
20	49	545,51001	0,080153821	1	0,28277409 8
36	31	86,400002	0,005832677	1	0,04479962
41	36	172,800003	0,014882376	1	0,08959317 4
45	41	250,420013	0,011825426	1	0,12982783 8
49	45	385,420013	0,040013777	1	0,19979904 4
48	20	1871,869995	3,498532697	1	0,97213515 4
29	38	2093,280029	1,500792898	2	0,43118294 6



38	48	2093,27002	1,125583957	2	0,43118090 2
21	52	2633,280029	2,062472348	1	1,37030272 7
25	29	2363,280029	2,25697075	1	1,22528637 6
52	25	2498,280029	1,834236262	2	0,51380648 7
32	21	2849,280029	2,619349024	1	1,47433137 9
20	71	1083,619995	1,681819669	1	0,56356584 6
71	73	132,429993	0,002841468	1	0,06882135 3
71	75	270,01001	0,029542291	1	0,14037545 2
80	74	54	0,001811891	1	0,02807556 6
75	80	270	0,028555433	1	0,14037025 8
71	72	547,450012	0,218798685	1	0,28487516 7
72	79	169,869995	0,015598861	1	0,08836175 3
72	76	334,790009	0,063660481	1	0,17425941 4
76	77	279,959991	0,029679957	1	0,14573282 5
78	82	140,809998	0,035405347	1	0,07331782
79	81	23,219999	0,00029147	1	0,01207870 2
77	78	231,309998	0,008683849	1	0,12041614 7
82	89	5,81	3,02E-05	1	0,00302522 6
114	113	135	0,00619215	1	0,06790198 9
111	114	164,940002	0,007821104	1	0,08295976 3
93	112	42,450001	0,000423024	1	0,02130901 5
105	94	434,940002	0,113695925	1	0,21872872 8
94	111	299,940002	0,021159304	1	0,15084905 6
93	110	656,340027	0,202561694	1	0,32996968 5
110	105	569,940002	0,152763121	1	0,28657281 9
83	109	0,01	1	1	5,70E-05
106	102	78,959999	0,002479925	1	0,04029565 2
83	106	140	0,009355123	1	0,07144421 3

115	96	427,290009	0,057271326	1	0,21495689 2
95	100	290,559998	0,06401445	1	0,14620502 9
100	99	204,160004	0,017438548	1	0,10273957 9
99	101	185,820007	0,013543514	1	0,09351165 4
101	98	54	0,001067537	1	0,02717561 2
116	95	419,480011	0,09889648	1	0,21103244
96	116	419,490021	0,050600611	1	0,21103746 3
93	97	569,309998	0,093158579	1	0,28628558 3
97	115	498,300018	0,110319754	1	0,25062914 8
141	146	42,09	0,001380154	1	0,02176048 7
135	141	212,190002	0,026608541	1	0,10969620 1
152	131	329,430023	0,06994759	1	0,1702615
131	135	212,200012	0,049593318	1	0,10970136 3
148	56	123,160004	0,007742702	1	0,06367770 1
56	124	109,660004	0,008076879	1	0,05669874
123	126	54,830002	0,000630595	1	0,02766690 7
124	127	54,830002	0,000484616	1	0,02834954 6
118	199	222,550003	0,027268431	1	0,11228749
199	200	58,049999	0,000176649	1	0,02928182 9
199	157	164,5	0,004256995	1	0,08300497 4
157	123	164,490005	0,01986356	1	0,08299991 5
198	191	23,219999	5,59E-05	1	0,01158437 4
198	196	146,299988	0,010544452	1	0,07300359 7
158	198	169,519989	0,055137329	1	0,08458847 7
196	190	146,289993	0,001664687	1	0,07299863
158	160	530,799988	0,168075313	1	0,26494962 3
160	171	216,540009	0,029187508	1	0,10808508
171	187	186,309998	0,022507982	1	0,09299904 9
187	167	0,01	1,78E-10	1	1,37E-05
178	175	54,830002	0,001432093	1	0,02792535 1

160	184	256,040009	0,061218795	1	0,12781816
184	163	160,080002	0,016619382	1	0,07992007 6
163	164	18,059999	7,62E-05	1	0,00901657 5
178	172	113,610001	0,010590477	1	0,05787025 1
159	178	168,449997	0,014269123	1	0,08580069 3
158	181	787,309998	0,450399384	1	0,39319873 1
181	185	354,450012	0,081528042	1	0,17706394 2
185	165	263,350006	0,02880644	1	0,13156924 6
165	169	221,959991	0,020463876	1	0,11089484
169	173	135	0,004731491	1	0,06745005 8
159	179	221,399994	0,015566532	1	0,11275897 8
179	176	135	0,007234898	1	0,06875835 7
161	168	23,219999	0,000293818	1	0,01159619 4
182	161	239,220001	0,034154533	1	0,11946512 5
181	182	374,220001	0,032702186	1	0,18686389 4
180	177	216	0,019705673	1	0,10973259 6
130	156	308,890015	0,025614862	1	0,15959021 6
129	130	377,950012	0,057519818	1	0,19525852 2
156	132	173,889999	0,025168244	1	0,08985344 5
132	139	38,889999	0,001177704	1	0,02009640 9
136	143	295,519989	0,060981298	1	0,15274062 8
143	147	178,070007	0,022143681	1	0,09204576 5
155	136	389,470001	0,093684006	1	0,20127124
147	149	86,400002	0,00120304	1	0,04466148
138	142	351	0,056299736	1	0,18158017 9
128	150	912,809998	0,201245859	1	0,47143538
145	144	22,07	0,000117755	1	0,01140910 3
148	145	127,540001	0,006554113	1	0,06593171 4
151	134	109,620003	0,006768412	1	0,05658428 3

134	194	23,219999	3,62E-05	1	0,01198541 9
150	151	222,429993	0,019903912	1	0,11480794 8
189	188	69,659996	0,002502095	1	0,03456275 8
188	197	46,439999	0,001668102	1	0,02304238 3
197	195	23,219999	0,000139008	1	0,01152118 4
188	192	23,219999	8,90E-05	1	0,01152038 5
137	148	307	0,088612354	1	0,15871061 3
154	137	339,380005	0,089720129	1	0,17543803 6
137	193	23,219999	5,07E-05	1	0,01199585 1
150	154	555,380005	0,15734484	1	0,28696358 1
117	83	5045,129883	2,97376853	2	1,03124116 9
123	125	54,830002	0,000630595	1	0,02766690 7
201	91	2643,370117	7,856319938	2	0,53757328 1
91	1	2620,149902	6,770182895	2	0,53297978 4
91	86	23,219999	6,15E-05	1	0,01157655 7
1	12	2458,870117	1,773563409	1	1,26193377 4
3	11	2404,030029	3,546451302	1	1,23436726 1
11	14	2317,630127	5,162241427	1	1,19072041 9
14	10	2238,870117	6,091229826	1	1,15075483 3
12	3	2404,040039	2,390019485	1	1,23437229 3
10	85	136,759995	0,005950878	1	0,06978448 2
10	9	1967,109985	1,655201287	1	1,01209273 6
9	87	1388,680054	1,938206687	1	0,71628315 9
83	32	4533,089844	2,512474252	2	0,92752915 7
201	122	6917,700195	1,768060224	3	0,70267644 5
119	93	6917,680176	27,17745674	3	0,70267447 9
122	119	6917,689941	31,57241437	3	0,70267549 2

118	120	88,449997	0,000717547	1	0,04460697 4
93	118	5629,930176	9,742786953	2	1,14841886 3
118	121	5318,930176	4,202678011	2	1,08615526 3
121	117	5045,140137	14,86890127	2	1,03124313 9
103	104	216	0,021036022	1	0,11025011 8
83	103	302,399994	0,019250569	2	0,06125618
108	107	42,099998	0,000798891	1	0,02148200 4
83	108	66,279999	0,000600959	2	0,01342260 5
140	152	396,490021	0,105529466	1	0,20488944 6
189	158	5625,120117	16,64820232	3	0,56957859 8
158	183	4134,569824	11,2400048	2	0,84384483 1
183	186	4028,919922	2,066996532	2	0,82278806 7
186	166	4028,909912	4,995217104	2	0,82278607 3
166	174	3857,73999	4,89985378	2	0,78850888 5
174	180	3777,600098	4,396844332	2	0,77240527 1
180	159	3470,469971	3,203066901	2	0,71048649 6
162	170	23,219999	0,000309578	1	0,01166281 2
183	162	34,650002	0,000814702	1	0,01740363 8
159	128	3079,48999	19,85781941	1	1,59102233 1
128	140	970,169983	0,277925665	1	0,50119444 9
140	129	512,950012	0,11299551	1	0,26496241 7
128	153	1110,109985	0,39720109	1	0,57382741 7
153	155	451,309998	0,060155819	1	0,23319977 3
133	138	486	0,260291977	1	0,25139623 8
153	133	572,400024	0,237728788	1	0,29603051 9
201	189	5694,779785	10,23437138	3	0,57643601 2

## Solución #5 del Sistema2 Con Corrección de Jeconómica

## Solución 5

NodOrigen	NodDestino	PotenciaLin (kVA)	PerdidasLin (kW)	Calibre	Jeconómica
67	65	895,119995	0,387043609	1	0,462300385
65	69	760,690002	0,271837416	1	0,392990086
69	58	697,350037	0,191922387	1	0,360309399
67	84	58,049999	0,000721627	1	0,029904656
67	92	23,219999	0,00033195	1	0,011961907
59	57	86,400002	0,000601571	1	0,044665278
64	70	478,420013	0,119860122	1	0,247257164
68	64	584,330017	0,077930122	1	0,301957868
58	68	641,890015	0,0641635	1	0,331678674
62	60	153,529999	0,01899462	1	0,07936595
70	62	288,529999	0,013862389	1	0,149132924
60	59	86,410004	0,00240683	1	0,044670243
66	63	165,720001	0,009030753	1	0,085263282
66	67	1090,119995	0,75229218	1	0,562753697
63	61	79,32	0,002775456	1	0,040811805
1	16	86,410004	0,004675698	1	0,043389967
6	5	126,840004	0,004704059	1	0,064884647
2	6	183,589996	0,012721667	1	0,093912798
5	4	0,01	3,55E-10	1	5,06E-05
16	17	86,400002	0,006232821	1	0,043384947
1	13	74,870003	0,000658008	1	0,037586247
8	7	124,830002	0,010768969	1	0,063855738
2	8	124,839996	0,001657031	1	0,063860902
7	18	32,619999	0,000169702	1	0,016686655
13	15	0,01	3,55E-10	1	2,53E-05
85	90	23,219999	0,000371698	1	0,01184877
9	2	443,429993	0,154172206	1	0,226817795
87	88	1365,459961	1,099492621	1	0,704382871
88	66	1342,23999	1,424724245	1	0,692463271
19	50	913,799988	0,533890214	1	0,468497943
50	51	472	0,112788121	1	0,242039296
51	55	337	0,096857259	1	0,172850409
55	26	202	0,028278539	1	0,103621616
26	30	86,400002	0,005571839	1	0,044324608
46	39	107,18	0,007734106	1	0,055548772
50	53	306,799988	0,037615363	1	0,157302919
53	23	306,529999	0,050065609	1	0,157164566
23	28	220,130005	0,03356986	1	0,112879496
28	33	133,729996	0,015011509	1	0,068580884
20	46	242,179993	0,036325529	1	0,125505848
19	43	437,410004	0,020378782	1	0,224154592
43	24	437,410004	0,17831434	1	0,224154588
24	34	351,01001	0,114846071	1	0,179906442

34	37	135,009995	0,010682208	1	0,069213458
37	40	135	0,013836265	1	0,069208331
47	42	63,630001	0,002399007	1	0,032981089
49	47	160,089996	0,013804594	1	0,082975059
32	19	1364,709961	0,892934748	1	0,69956001
27	35	135	0,012106703	1	0,069035141
48	44	135	0,005865573	1	0,069680866
54	22	221,830002	0,027455187	1	0,113423475
22	27	135,429993	0,009259797	1	0,069254998
32	54	268,700012	0,023016946	1	0,137377901
20	49	545,51001	0,080153821	1	0,282774098
36	31	86,400002	0,005832677	1	0,04479962
41	36	172,800003	0,014882376	1	0,089593174
45	41	250,420013	0,011825426	1	0,129827838
49	45	385,420013	0,040013777	1	0,199799044
48	20	1871,869995	3,498532697	1	0,972135154
29	38	2093,280029	1,500792898	2	0,431182946
38	48	2093,27002	1,125583957	2	0,431180902
21	52	2633,280029	0,814658861	2	0,541257806
25	29	2363,280029	2,25697075	1	1,225286376
52	25	2498,280029	1,834236262	2	0,513806487
32	21	2849,280029	2,619349024	1	1,474331379
20	71	1083,619995	1,681819669	1	0,563565846
71	73	132,429993	0,002841468	1	0,068821353
71	75	270,01001	0,029542291	1	0,140375452
80	74	54	0,001811891	1	0,028075566
75	80	270	0,028555433	1	0,140370258
71	72	547,450012	0,218798685	1	0,284875167
72	79	169,869995	0,015598861	1	0,088361753
72	76	334,790009	0,063660481	1	0,174259414
76	77	279,959991	0,029679957	1	0,145732825
78	82	140,809998	0,035405347	1	0,07331782
79	81	23,219999	0,00029147	1	0,012078702
77	78	231,309998	0,008683849	1	0,120416147
82	89	5,81	3,02E-05	1	0,003025226
114	113	135	0,00619215	1	0,067901989
111	114	164,940002	0,007821104	1	0,082959763
93	112	42,450001	0,000423024	1	0,021309015
105	94	434,940002	0,113695925	1	0,218728728
94	111	299,940002	0,021159304	1	0,150849056
93	110	656,340027	0,202561694	1	0,329969685
110	105	569,940002	0,152763121	1	0,286572819
83	109	0,01	3,55E-10	1	5,70E-05
106	102	78,959999	0,002479925	1	0,040295652
83	106	140	0,009355123	1	0,071444213
115	96	427,290009	0,057271326	1	0,214956892
95	100	290,559998	0,06401445	1	0,146205029

100	99	204,160004	0,017438548	1	0,102739579
99	101	185,820007	0,013543514	1	0,093511654
101	98	54	0,001067537	1	0,027175612
116	95	419,480011	0,09889648	1	0,21103244
96	116	419,490021	0,050600611	1	0,211037463
93	97	569,309998	0,093158579	1	0,286285583
97	115	498,300018	0,110319754	1	0,250629148
141	146	42,09	0,001380154	1	0,021760487
135	141	212,190002	0,026608541	1	0,109696201
152	131	329,430023	0,06994759	1	0,1702615
131	135	212,200012	0,049593318	1	0,109701363
148	56	123,160004	0,007742702	1	0,063677701
56	124	109,660004	0,008076879	1	0,05669874
123	126	54,830002	0,000630595	1	0,027666907
124	127	54,830002	0,000484616	1	0,028349546
118	199	222,550003	0,027268431	1	0,11228749
199	200	58,049999	0,000176649	1	0,029281829
199	157	164,5	0,004256995	1	0,083004974
157	123	164,490005	0,01986356	1	0,082999915
198	191	23,219999	5,59E-05	1	0,011584374
198	196	146,299988	0,010544452	1	0,073003597
158	198	169,519989	0,055137329	1	0,084588477
196	190	146,289993	0,001664687	1	0,07299863
158	160	530,799988	0,168075313	1	0,264949623
160	171	216,540009	0,029187508	1	0,10808508
171	187	186,309998	0,022507982	1	0,092999049
187	167	0,01	1,78E-10	1	1,37E-05
178	175	54,830002	0,001432093	1	0,027925351
160	184	256,040009	0,061218795	1	0,12781816
184	163	160,080002	0,016619382	1	0,079920076
163	164	18,059999	7,62E-05	1	0,009016575
178	172	113,610001	0,010590477	1	0,057870251
159	178	168,449997	0,014269123	1	0,085800693
158	181	787,309998	0,450399384	1	0,393198731
181	185	354,450012	0,081528042	1	0,177063942
185	165	263,350006	0,02880644	1	0,131569246
165	169	221,959991	0,020463876	1	0,11089484
169	173	135	0,004731491	1	0,067450058
159	179	221,399994	0,015566532	1	0,112758978
179	176	135	0,007234898	1	0,068758357
161	168	23,219999	0,000293818	1	0,011596194
182	161	239,220001	0,034154533	1	0,119465125
181	182	374,220001	0,032702186	1	0,186863894
180	177	216	0,019705673	1	0,109732596
130	156	308,890015	0,025614862	1	0,159590216
129	130	377,950012	0,057519818	1	0,195258522
156	132	173,889999	0,025168244	1	0,089853445



132	139	38,889999	0,001177704	1	0,020096409
136	143	295,519989	0,060981298	1	0,152740628
143	147	178,070007	0,022143681	1	0,092045765
155	136	389,470001	0,093684006	1	0,20127124
147	149	86,400002	0,00120304	1	0,04466148
138	142	351	0,056299736	1	0,181580179
128	150	912,809998	0,201245859	1	0,47143538
145	144	22,07	0,000117755	1	0,011409103
148	145	127,540001	0,006554113	1	0,065931714
151	134	109,620003	0,006768412	1	0,056584283
134	194	23,219999	3,62E-05	1	0,011985419
150	151	222,429993	0,019903912	1	0,114807948
189	188	69,659996	0,002502095	1	0,034562758
188	197	46,439999	0,001668102	1	0,023042383
197	195	23,219999	0,000139008	1	0,011521184
188	192	23,219999	8,90E-05	1	0,011520385
137	148	307	0,088612354	1	0,158710613
154	137	339,380005	0,089720129	1	0,175438036
137	193	23,219999	5,07E-05	1	0,011995851
150	154	555,380005	0,15734484	1	0,286963581
117	83	5045,129883	2,97376853	2	1,031241169
123	125	54,830002	0,000630595	1	0,027666907
201	91	2643,370117	7,856319938	2	0,537573281
91	1	2620,149902	6,770182895	2	0,532979784
91	86	23,219999	6,15E-05	1	0,011576557
1	12	2458,870117	1,773563409	1	1,261933774
3	11	2404,030029	3,546451302	1	1,234367261
11	14	2317,630127	5,162241427	1	1,190720419
14	10	2238,870117	6,091229826	1	1,150754833
12	3	2404,040039	2,390019485	1	1,234372293
10	85	136,759995	0,005950878	1	0,069784482
10	9	1967,109985	1,655201287	1	1,012092736
9	87	1388,680054	1,938206687	1	0,716283159
83	32	4533,089844	2,512474252	2	0,927529157
201	122	6917,700195	1,768060224	3	0,702676445
119	93	6917,680176	27,17745674	3	0,702674479
122	119	6917,689941	31,57241437	3	0,702675492
118	120	88,449997	0,000717547	1	0,044606974
93	118	5629,930176	9,742786953	2	1,148418863
118	121	5318,930176	4,202678011	2	1,086155263
121	117	5045,140137	14,86890127	2	1,031243139
103	104	216	0,021036022	1	0,110250118
83	103	302,399994	0,019250569	2	0,06125618
108	107	42,099998	0,000798891	1	0,021482004
83	108	66,279999	0,000600959	2	0,013422605
140	152	396,490021	0,105529466	1	0,204889446
189	158	5625,120117	16,64820232	3	0,569578598

158	183	4134,569824	11,2400048	2	0,843844831
183	186	4028,919922	2,066996532	2	0,822788067
186	166	4028,909912	4,995217104	2	0,822786073
166	174	3857,73999	4,89985378	2	0,788508885
174	180	3777,600098	4,396844332	2	0,772405271
180	159	3470,469971	3,203066901	2	0,710486496
162	170	23,219999	0,000309578	1	0,011662812
183	162	34,650002	0,000814702	1	0,017403638
159	128	3079,48999	19,85781941	1	1,591022331
128	140	970,169983	0,277925665	1	0,501194449
140	129	512,950012	0,11299551	1	0,264962417
128	153	1110,109985	0,39720109	1	0,573827417
153	155	451,309998	0,060155819	1	0,233199773
133	138	486	0,260291977	1	0,251396238
153	133	572,400024	0,237728788	1	0,296030519
201	189	5694,779785	10,23437138	3	0,576436012

Solución #6 del Sistema2 Con Corrección de Jeconómica

**Solución 6**

NodOrigen	NodDestino	PotenciaLin (kVA)	PerdidasLin (kW)	Calibre	Jeconómica
67	65	895,119995	0,387043609	1	0,462300385
65	69	760,690002	0,271837416	1	0,392990086
69	58	697,350037	0,191922387	1	0,360309399
67	84	58,049999	0,000721627	1	0,029904656
67	92	23,219999	0,00033195	1	0,011961907
59	57	86,400002	0,000601571	1	0,044665278
64	70	478,420013	0,119860122	1	0,247257164
68	64	584,330017	0,077930122	1	0,301957868
58	68	641,890015	0,0641635	1	0,331678674
62	60	153,529999	0,01899462	1	0,07936595
70	62	288,529999	0,013862389	1	0,149132924
60	59	86,410004	0,00240683	1	0,044670243
66	63	165,720001	0,009030753	1	0,085263282
66	67	1090,119995	0,75229218	1	0,562753697

63	61	79,32	0,002775456	1	0,04081180 5
1	16	86,410004	0,004675698	1	0,04338996 7
6	5	126,840004	0,004704059	1	0,06488464 7
2	6	183,589996	0,012721667	1	0,09391279 8
5	4	0,01	3,55E-10	1	5,06E-05
16	17	86,400002	0,006232821	1	0,04338494 7
1	13	74,870003	0,000658008	1	0,03758624 7
8	7	124,830002	0,010768969	1	0,06385573 8
2	8	124,839996	0,001657031	1	0,06386090 2
7	18	32,619999	0,000169702	1	0,01668665 5
13	15	0,01	3,55E-10	1	2,53E-05
85	90	23,219999	0,000371698	1	0,01184877
9	2	443,429993	0,154172206	1	0,22681779 5
87	88	1365,459961	1,099492621	1	0,70438287 1
88	66	1342,23999	1,424724245	1	0,69246327 1
19	50	913,799988	0,533884489	1	0,46849291 9
50	51	472	0,112786912	1	0,2420367
51	55	337	0,09685622	1	0,17284855 5
55	26	202	0,028278235	1	0,10362050 4
26	30	86,400002	0,005571779	1	0,04432412 8
46	39	107,18	0,007720566	1	0,05545152 2
50	53	306,799988	0,03761496	1	0,15730123 1
53	23	306,529999	0,050065071	1	0,15716288
23	28	220,130005	0,033569501	1	0,11287828 7
28	33	133,729996	0,015011348	1	0,06858015
20	46	242,179993	0,036261939	1	0,12528614 2
19	43	437,410004	0,020378563	1	0,22415218 4
43	24	437,410004	0,178312428	1	0,22415218 4
24	34	351,01001	0,11484484	1	0,17990451 3
34	37	135,009995	0,010682094	1	0,06921271

					7
37	40	135	0,013836117	1	0,06920759
47	42	63,630001	0,002394807	1	0,03292335 1
49	47	160,089996	0,013780425	1	0,08282978 8
32	19	1364,709961	0,892925174	1	0,69955250 9
27	35	135	0,012106574	1	0,06903440 6
48	44	135	0,005865467	1	0,06967961 3
54	22	221,830002	0,027454893	1	0,11342226
22	27	135,429993	0,009259698	1	0,06925425 9
32	54	268,700012	0,0230167	1	0,13737643 3
20	49	545,51001	0,080013471	1	0,28227895 9
36	31	86,400002	0,005822461	1	0,04472115 1
41	36	172,800003	0,014856311	1	0,08943626 2
45	41	250,420013	0,011804716	1	0,12960047 5
49	45	385,420013	0,039943708	1	0,19944917 3
48	20	1871,869995	1,386086812	2	0,3851511
29	38	2093,280029	1,498434953	2	0,4305055
38	48	2093,27002	1,123815506	2	0,43050345 7
21	52	2633,280029	0,813637946	2	0,54057951 2
25	29	2363,280029	2,253824282	1	1,22357819 1
52	25	2498,280029	1,83181534	2	0,51312833 8
32	21	2849,280029	2,616311656	1	1,47262176 1
20	71	1083,619995	1,678865059	1	0,56257577 7
71	73	132,429993	0,002836478	1	0,06870050 7
71	75	270,01001	0,02949041	1	0,14012893
80	74	54	0,001808708	1	0,02802625 5
75	80	270	0,028505285	1	0,14012374 5
71	72	547,450012	0,218414087	1	0,28437442 1
72	79	169,869995	0,015571451	1	0,08820649
72	76	334,790009	0,063548551	1	0,17395302 4

76	77	279,959991	0,029627769	1	0,14547657 3
78	82	140,809998	0,035343074	1	0,07318886 5
79	81	23,219999	0,000290958	1	0,01205745 7
77	78	231,309998	0,008668576	1	0,12020436
82	89	5,81	3,02E-05	1	0,00301987 5
114	113	135	0,006192118	1	0,06790163 1
111	114	164,940002	0,007821061	1	0,08295931 1
93	112	42,450001	0,000423022	1	0,02130887 2
105	94	434,940002	0,113695315	1	0,21872755 5
94	111	299,940002	0,021159189	1	0,15084823 5
93	110	656,340027	0,202560606	1	0,32996791 3
110	105	569,940002	0,152762302	1	0,28657128 3
83	109	0,01	3,55E-10	1	5,70E-05
106	102	78,959999	0,002479899	1	0,04029523 1
83	106	140	0,009355027	1	0,07144348 1
115	96	427,290009	0,057271019	1	0,21495573 7
95	100	290,559998	0,064014106	1	0,14620424 4
100	99	204,160004	0,017438454	1	0,10273902 9
99	101	185,820007	0,013543441	1	0,09351115 3
101	98	54	0,001067531	1	0,02717546 7
116	95	419,480011	0,098895948	1	0,21103130 6
96	116	419,490021	0,050600338	1	0,21103632 6
93	97	569,309998	0,093158079	1	0,28628404 7
97	115	498,300018	0,110319163	1	0,25062780 5
141	146	42,09	0,001380154	1	0,02176048 7
135	141	212,190002	0,026608541	1	0,10969620 1
152	131	329,430023	0,06994759	1	0,1702615
131	135	212,200012	0,049593318	1	0,10970136 3
148	56	123,160004	0,007742702	1	0,06367770

					1
56	124	109,660004	0,008076879	1	0,05669874
123	126	54,830002	0,00063059	1	0,02766668 8
124	127	54,830002	0,000484616	1	0,02834954 6
118	199	222,550003	0,02726825	1	0,11228674 3
199	200	58,049999	0,000176655	1	0,02928277 1
199	157	164,5	0,004256966	1	0,08300440 6
157	123	164,490005	0,019863427	1	0,08299936 3
198	191	23,219999	5,59E-05	1	0,01158437 4
198	196	146,299988	0,010544452	1	0,07300359 7
158	198	169,519989	0,055137329	1	0,08458847 7
196	190	146,289993	0,001664687	1	0,07299863
158	160	530,799988	0,168075313	1	0,26494962 3
160	171	216,540009	0,029187508	1	0,10808508
171	187	186,309998	0,022507982	1	0,09299904 9
187	167	0,01	1,78E-10	1	1,37E-05
178	175	54,830002	0,001432093	1	0,02792535 1
160	184	256,040009	0,061218795	1	0,12781816
184	163	160,080002	0,016619382	1	0,07992007 6
163	164	18,059999	7,62E-05	1	0,00901657 5
178	172	113,610001	0,010590477	1	0,05787025 1
159	178	168,449997	0,014269123	1	0,08580069 3
158	181	787,309998	0,450399384	1	0,39319873 1
181	185	354,450012	0,081528042	1	0,17706394 2
185	165	263,350006	0,02880644	1	0,13156924 6
165	169	221,959991	0,020463876	1	0,11089484
169	173	135	0,004731491	1	0,06745005 8
159	179	221,399994	0,015566532	1	0,11275897 8
179	176	135	0,007234898	1	0,06875835 7
161	168	23,219999	0,000293818	1	0,01159619 4

182	161	239,220001	0,034154533	1	0,119465125
181	182	374,220001	0,032702186	1	0,186863894
180	177	216	0,019705673	1	0,109732596
130	156	308,890015	0,025614862	1	0,159590216
129	130	377,950012	0,057519818	1	0,195258522
156	132	173,889999	0,025168244	1	0,089853445
132	139	38,889999	0,001177704	1	0,020096409
136	143	295,519989	0,060981298	1	0,152740628
143	147	178,070007	0,022143681	1	0,092045765
155	136	389,470001	0,093684006	1	0,20127124
147	149	86,400002	0,00120304	1	0,04466148
138	142	351	0,056299736	1	0,181580179
128	150	912,809998	0,201245859	1	0,47143538
145	144	22,07	0,000117755	1	0,011409103
148	145	127,540001	0,006554113	1	0,065931714
151	134	109,620003	0,006768412	1	0,056584283
134	194	23,219999	3,62E-05	1	0,011985419
150	151	222,429993	0,019903912	1	0,114807948
189	188	69,659996	0,002502095	1	0,034562758
188	197	46,439999	0,001668102	1	0,023042383
197	195	23,219999	0,000139008	1	0,011521184
188	192	23,219999	8,90E-05	1	0,011520385
137	148	307	0,088612354	1	0,158710613
154	137	339,380005	0,089720129	1	0,175438036
137	193	23,219999	5,07E-05	1	0,011995851
150	154	555,380005	0,15734484	1	0,286963581
117	83	5045,129883	2,971802818	2	1,030559501
123	125	54,830002	0,00063059	1	0,027666688
201	91	2643,370117	7,856319938	2	0,53757328

					1
91	1	2620,149902	6,770182895	2	0,53297978 4
91	86	23,219999	6,15E-05	1	0,01157655 7
1	12	2458,870117	1,773563409	1	1,26193377 4
3	11	2404,030029	3,546451302	1	1,23436726 1
11	14	2317,630127	5,162241427	1	1,19072041 9
14	10	2238,870117	6,091229826	1	1,15075483 3
12	3	2404,040039	2,390019485	1	1,23437229 3
10	85	136,759995	0,005950878	1	0,06978448 2
10	9	1967,109985	1,655201287	1	1,01209273 6
9	87	1388,680054	1,938206687	1	0,71628315 9
83	32	4533,089844	2,510629643	2	0,92684818 3
201	122	6917,700195	1,767202349	3	0,70233550 2
119	93	6917,680176	27,16426997	3	0,70233353 4
122	119	6917,689941	31,55709515	3	0,70233454 8
118	120	88,449997	0,00071754	1	0,04460653 2
93	118	5629,930176	9,737002743	2	1,14773705 6
118	121	5318,930176	4,200040115	2	1,08547351 5
121	117	5045,140137	14,85907269	2	1,03056147 1
103	104	216	0,021035809	1	0,110249
83	103	302,399994	0,019250373	2	0,06125555 8
108	107	42,099998	0,000798883	1	0,02148177 5
83	108	66,279999	0,000600953	2	0,01342247 8
140	152	396,490021	0,105529466	1	0,20488944 6
189	158	5625,120117	16,64820232	3	0,56957859 8
158	183	4134,569824	11,2400048	2	0,84384483 1
183	186	4028,919922	2,066996532	2	0,82278806 7
186	166	4028,909912	4,995217104	2	0,82278607 3



166	174	3857,73999	4,89985378	2	0,78850888 5
174	180	3777,600098	4,396844332	2	0,77240527 1
180	159	3470,469971	3,203066901	2	0,71048649 6
162	170	23,219999	0,000309578	1	0,01166281 2
183	162	34,650002	0,000814702	1	0,01740363 8
159	128	3079,48999	19,85781941	1	1,59102233 1
128	140	970,169983	0,277925665	1	0,50119444 9
140	129	512,950012	0,11299551	1	0,26496241 7
128	153	1110,109985	0,39720109	1	0,57382741 7
153	155	451,309998	0,060155819	1	0,23319977 3
133	138	486	0,260291977	1	0,25139623 8
153	133	572,400024	0,237728788	1	0,29603051 9
201	189	5694,779785	10,23437138	3	0,57643601 2

Solución #7 del Sistema2 Con Corrección de Jeconómica

**Solución 7**

NodOrigen	NodDestino	PotenciaLin (kVA)	PerdidasLin (kW)	Calibre	Jeconómica
67	65	895,119995	0,387043609	1	0,46230039
65	69	760,690002	0,271837416	1	0,39299009
69	58	697,350037	0,191922387	1	0,3603094
67	84	58,049999	0,000721627	1	0,02990466
67	92	23,219999	0,00033195	1	0,01196191
59	57	86,400002	0,000601571	1	0,04466528
64	70	478,420013	0,119860122	1	0,24725716
68	64	584,330017	0,077930122	1	0,30195787
58	68	641,890015	0,0641635	1	0,33167867
62	60	153,529999	0,01899462	1	0,07936595
70	62	288,529999	0,013862389	1	0,14913292
60	59	86,410004	0,00240683	1	0,04467024
66	63	165,720001	0,009030753	1	0,08526328
66	67	1090,119995	0,75229218	1	0,5627537
63	61	79,32	0,002775456	1	0,04081181
1	16	86,410004	0,004675698	1	0,04338997
6	5	126,840004	0,004704059	1	0,06488465

2	6	183,589996	0,012721667	1	0,0939128
5	4	0,01	3,55E-10	1	5,06E-05
16	17	86,400002	0,006232821	1	0,04338495
1	13	74,870003	0,000658008	1	0,03758625
8	7	124,830002	0,010768969	1	0,06385574
2	8	124,839996	0,001657031	1	0,0638609
7	18	32,619999	0,000169702	1	0,01668665
13	15	0,01	3,55E-10	1	2,53E-05
85	90	23,219999	0,000371698	1	0,01184877
9	2	443,429993	0,154172206	1	0,22681779
87	88	1365,459961	1,099492621	1	0,70438287
88	66	1342,23999	1,424724245	1	0,69246327
19	50	913,799988	0,533880808	1	0,46848969
50	51	472	0,112786135	1	0,24203503
51	55	337	0,096855551	1	0,17284736
55	26	202	0,02827804	1	0,10361979
26	30	86,400002	0,005571741	1	0,04432383
46	39	107,18	0,007713649	1	0,05540185
50	53	306,799988	0,0376147	1	0,15730014
53	23	306,529999	0,050064727	1	0,1571618
23	28	220,130005	0,033569269	1	0,11287751
28	33	133,729996	0,015011245	1	0,06857968
20	46	242,179993	0,036229456	1	0,12517391
19	43	437,410004	0,020378423	1	0,22415064
43	24	437,410004	0,178311199	1	0,22415064
24	34	351,01001	0,114844048	1	0,17990327
34	37	135,009995	0,01068202	1	0,06921224
37	40	135	0,013836022	1	0,06920711
47	42	63,630001	0,002392661	1	0,03289385
49	47	160,089996	0,01376808	1	0,08275558
32	19	1364,709961	0,892919019	1	0,69954769
27	35	135	0,01210649	1	0,06903393
48	44	135	0,005860225	1	0,06961734
54	22	221,830002	0,027454705	1	0,11342148
22	27	135,429993	0,009259633	1	0,06925378
32	54	268,700012	0,023016542	1	0,13737549
20	49	545,51001	0,079941779	1	0,28202604
36	31	86,400002	0,005817243	1	0,04468107
41	36	172,800003	0,014842998	1	0,08935611
45	41	250,420013	0,011794137	1	0,12948433
49	45	385,420013	0,039907918	1	0,19927046
48	20	1871,869995	1,384842545	2	0,38480536
29	38	2093,280029	1,497090464	2	0,43011922
38	48	2093,27002	1,122807149	2	0,43011718
21	52	2633,280029	0,81298228	2	0,54014389
25	29	2363,280029	0,89371198	2	0,48518711
52	25	2498,280029	1,83026062	2	0,51269283

32	21	2849,280029	2,614360835	1	1,47152372
20	71	1083,619995	1,677355833	1	0,56207005
71	73	132,429993	0,00283393	1	0,06863879
71	75	270,01001	0,029463909	1	0,140003
80	74	54	0,001807083	1	0,02800106
75	80	270	0,028479668	1	0,13999782
71	72	547,450012	0,218217633	1	0,28411864
72	79	169,869995	0,01555745	1	0,08812718
72	76	334,790009	0,063491376	1	0,17379652
76	77	279,959991	0,029601111	1	0,14534568
78	82	140,809998	0,035311265	1	0,07312299
79	81	23,219999	0,000290696	1	0,01204661
77	78	231,309998	0,008660777	1	0,12009621
82	89	5,81	3,01E-05	1	0,00301716
114	113	135	0,006192096	1	0,06790139
111	114	164,940002	0,007821035	1	0,08295903
93	112	42,450001	0,000423019	1	0,02130876
105	94	434,940002	0,113694922	1	0,2187268
94	111	299,940002	0,021159116	1	0,15084772
93	110	656,340027	0,202559908	1	0,32996678
110	105	569,940002	0,152761774	1	0,28657029
83	109	0,01	1	1	5,70E-05
106	102	78,959999	0,002479883	1	0,04029497
83	106	140	0,009354966	1	0,07144302
115	96	427,290009	0,057270821	1	0,214955
95	100	290,559998	0,064013885	1	0,14620374
100	99	204,160004	0,017438394	1	0,10273867
99	101	185,820007	0,013543395	1	0,09351083
101	98	54	0,001067527	1	0,02717535
116	95	419,480011	0,098895607	1	0,21103058
96	116	419,490021	0,050600164	1	0,2110356
93	97	569,309998	0,093157758	1	0,28628306
97	115	498,300018	0,110318782	1	0,25062694
141	146	42,09	0,001380154	1	0,02176049
135	141	212,190002	0,026608541	1	0,1096962
152	131	329,430023	0,06994759	1	0,1702615
131	135	212,200012	0,049593318	1	0,10970136
148	56	123,160004	0,007742702	1	0,0636777
56	124	109,660004	0,008076879	1	0,05669874
123	126	54,830002	0,000630587	1	0,02766656
124	127	54,830002	0,000484616	1	0,02834955
118	199	222,550003	0,027268134	1	0,11228627
199	200	58,049999	0,000176647	1	0,02928136
199	157	164,5	0,00425695	1	0,08300409
157	123	164,490005	0,019863343	1	0,08299901
198	191	23,219999	5,59E-05	1	0,01158437
198	196	146,299988	0,010544452	1	0,0730036

158	198	169,519989	0,055137329	1	0,08458848
196	190	146,289993	0,001664687	1	0,07299863
158	160	530,799988	0,168075313	1	0,26494962
160	171	216,540009	0,029187508	1	0,10808508
171	187	186,309998	0,022507982	1	0,09299905
187	167	0,01	1,78E-10	1	1,37E-05
178	175	54,830002	0,001432093	1	0,02792535
160	184	256,040009	0,061218795	1	0,12781816
184	163	160,080002	0,016619382	1	0,07992008
163	164	18,059999	7,62E-05	1	0,00901657
178	172	113,610001	0,010590477	1	0,05787025
159	178	168,449997	0,014269123	1	0,08580069
158	181	787,309998	0,450399384	1	0,39319873
181	185	354,450012	0,081528042	1	0,17706394
185	165	263,350006	0,02880644	1	0,13156925
165	169	221,959991	0,020463876	1	0,11089484
169	173	135	0,004731491	1	0,06745006
159	179	221,399994	0,015566532	1	0,11275898
179	176	135	0,007234898	1	0,06875836
161	168	23,219999	0,000293818	1	0,01159619
182	161	239,220001	0,034154533	1	0,11946513
181	182	374,220001	0,032702186	1	0,18686389
180	177	216	0,019705673	1	0,1097326
130	156	308,890015	0,025614862	1	0,15959022
129	130	377,950012	0,057519818	1	0,19525852
156	132	173,889999	0,025168244	1	0,08985344
132	139	38,889999	0,001177704	1	0,02009641
136	143	295,519989	0,060981298	1	0,15274063
143	147	178,070007	0,022143681	1	0,09204576
155	136	389,470001	0,093684006	1	0,20127124
147	149	86,400002	0,00120304	1	0,04466148
138	142	351	0,056299736	1	0,18158018
128	150	912,809998	0,201245859	1	0,47143538
145	144	22,07	0,000117755	1	0,0114091
148	145	127,540001	0,006554113	1	0,06593171
151	134	109,620003	0,006768412	1	0,05658428
134	194	23,219999	3,62E-05	1	0,01198542
150	151	222,429993	0,019903912	1	0,11480795
189	188	69,659996	0,002502095	1	0,03456276
188	197	46,439999	0,001668102	1	0,02304238
197	195	23,219999	0,000139008	1	0,01152118
188	192	23,219999	8,90E-05	1	0,01152039
137	148	307	0,088612354	1	0,15871061
154	137	339,380005	0,089720129	1	0,17543804
137	193	23,219999	5,07E-05	1	0,01199585
150	154	555,380005	0,15734484	1	0,28696358
117	83	5045,129883	2,970539857	2	1,03012153

123	125	54,830002	0,000630587	1	0,02766656
201	91	2643,370117	7,856319938	2	0,53757328
91	1	2620,149902	6,770182895	2	0,53297978
91	86	23,219999	6,15E-05	1	0,01157656
1	12	2458,870117	1,773563409	1	1,26193377
3	11	2404,030029	3,546451302	1	1,23436726
11	14	2317,630127	5,162241427	1	1,19072042
14	10	2238,870117	6,091229826	1	1,15075483
12	3	2404,040039	2,390019485	1	1,23437229
10	85	136,759995	0,005950878	1	0,06978448
10	9	1967,109985	1,655201287	1	1,01209274
9	87	1388,680054	1,938206687	1	0,71628316
83	32	4533,089844	2,509444552	2	0,92641068
201	122	6917,700195	1,766651104	3	0,70211642
119	93	6917,680176	27,15579651	3	0,70211445
122	119	6917,689941	31,54725143	3	0,70211547
118	120	88,449997	0,000717537	1	0,04460636
93	118	5629,930176	9,733286244	2	1,14729898
118	121	5318,930176	4,198345243	2	1,08503549
121	117	5045,140137	14,85275787	2	1,0301235
103	104	216	0,021035671	1	0,11024828
83	103	302,399994	0,019250248	2	0,06125516
108	107	42,099998	0,000798878	1	0,02148164
83	108	66,279999	0,000600949	2	0,0134224
140	152	396,490021	0,105529466	1	0,20488945
189	158	5625,120117	16,64820232	3	0,5695786
158	183	4134,569824	11,2400048	2	0,84384483
183	186	4028,919922	2,066996532	2	0,82278807
186	166	4028,909912	4,995217104	2	0,82278607
166	174	3857,73999	4,89985378	2	0,78850888
174	180	3777,600098	4,396844332	2	0,77240527
180	159	3470,469971	3,203066901	2	0,7104865
162	170	23,219999	0,000309578	1	0,01166281
183	162	34,650002	0,000814702	1	0,01740364
159	128	3079,48999	19,85781941	1	1,59102233
128	140	970,169983	0,277925665	1	0,50119445
140	129	512,950012	0,11299551	1	0,26496242
128	153	1110,109985	0,39720109	1	0,57382742
153	155	451,309998	0,060155819	1	0,23319977
133	138	486	0,260291977	1	0,25139624
153	133	572,400024	0,237728788	1	0,29603052
201	189	5694,779785	10,23437138	3	0,57643601

Solución #8 del Sistema2 Con Corrección de Jeconómica

**Solución 8**

NodOrigen	NodDestino	PotenciaLin (kVA)	PerdidasLin (kW)	Calibre	Jeconómica
67	65	895,119995	0,387043609	1	0,46230039
65	69	760,690002	0,271837416	1	0,39299009
69	58	697,350037	0,191922387	1	0,3603094
67	84	58,049999	0,000721627	1	0,02990466
67	92	23,219999	0,00033195	1	0,01196191
59	57	86,400002	0,000601571	1	0,04466528
64	70	478,420013	0,119860122	1	0,24725716
68	64	584,330017	0,077930122	1	0,30195787
58	68	641,890015	0,0641635	1	0,33167867
62	60	153,529999	0,01899462	1	0,07936595
70	62	288,529999	0,013862389	1	0,14913292
60	59	86,410004	0,00240683	1	0,04467024
66	63	165,720001	0,009030753	1	0,08526328
66	67	1090,119995	0,75229218	1	0,5627537
63	61	79,32	0,002775456	1	0,04081181
1	16	86,410004	0,004675698	1	0,04338997
6	5	126,840004	0,004704059	1	0,06488465
2	6	183,589996	0,012721667	1	0,0939128
5	4	0,01	3,55E-10	1	5,06E-05
16	17	86,400002	0,006232821	1	0,04338495
1	13	74,870003	0,000658008	1	0,03758625
8	7	124,830002	0,010768969	1	0,06385574
2	8	124,839996	0,001657031	1	0,0638609
7	18	32,619999	0,000169702	1	0,01668665
13	15	0,01	3,55E-10	1	2,53E-05
85	90	23,219999	0,000371698	1	0,01184877
9	2	443,429993	0,154172206	1	0,22681779
87	88	1365,459961	1,099492621	1	0,70438287
88	66	1342,23999	1,424724245	1	0,69246327
19	50	913,799988	0,533907773	1	0,46851335
50	51	472	0,112791832	1	0,24204726
51	55	337	0,096860446	1	0,1728561
55	26	202	0,028279469	1	0,10362503
26	30	86,400002	0,005572022	1	0,04432606
46	39	107,18	0,007769789	1	0,05580506
50	53	306,799988	0,0376166	1	0,15730809
53	23	306,529999	0,050067255	1	0,15716973
23	28	220,130005	0,033570965	1	0,11288321
28	33	133,729996	0,015012003	1	0,06858314
20	46	242,179993	0,036493113	1	0,12608486
19	43	437,410004	0,020379451	1	0,22416195
43	24	437,410004	0,178320201	1	0,22416196
24	34	351,01001	0,114849847	1	0,17991236
34	37	135,009995	0,010682559	1	0,06921573
37	40	135	0,01383672	1	0,06921061
47	42	63,630001	0,002410077	1	0,03313328

49	47	160,089996	0,013868289	1	0,08335791
32	19	1364,709961	0,892964112	1	0,69958301
27	35	135	0,0121071	1	0,06903741
48	44	135	0,005892524	1	0,07000103
54	22	221,830002	0,027456088	1	0,1134272
22	27	135,429993	0,009260101	1	0,06925727
32	54	268,700012	0,023017701	1	0,13738241
20	49	545,51001	0,080523701	1	0,28407899
36	31	86,400002	0,005859601	1	0,04500641
41	36	172,800003	0,014951068	1	0,0900067
45	41	250,420013	0,011880002	1	0,13042701
49	45	385,420013	0,040198435	1	0,20072109
48	20	1871,869995	1,384842545	2	0,38480536
29	38	2093,280029	1,497090464	2	0,43011922
38	48	2093,27002	1,122807149	2	0,43011718
21	52	2633,280029	0,81298228	2	0,54014389
25	29	2363,280029	0,89371198	2	0,48518711
52	25	2498,280029	1,83026062	2	0,51269283
32	21	2849,280029	1,043290311	2	0,58722821
20	71	1083,619995	1,689606364	1	0,56617511
71	73	132,429993	0,002854613	1	0,06913975
71	75	270,01001	0,02967902	1	0,14102515
80	74	54	0,001820277	1	0,02820551
75	80	270	0,028687595	1	0,14101993
71	72	547,450012	0,219812275	1	0,28619486
72	79	169,869995	0,015671095	1	0,08877093
72	76	334,790009	0,063955467	1	0,17506689
76	77	279,959991	0,029817499	1	0,14640817
78	82	140,809998	0,035569464	1	0,07365767
79	81	23,219999	0,00029282	1	0,01213462
77	78	231,309998	0,008724092	1	0,12097418
82	89	5,81	3,04E-05	1	0,00303925
114	113	135	0,006192253	1	0,06790311
111	114	164,940002	0,007821232	1	0,08296112
93	112	42,450001	0,000423029	1	0,02130927
105	94	434,940002	0,113697797	1	0,21873233
94	111	299,940002	0,021159651	1	0,15085153
93	110	656,340027	0,202565028	1	0,32997512
110	105	569,940002	0,152765637	1	0,28657754
83	109	0,01	1	1	5,70E-05
106	102	78,959999	0,002480001	1	0,0402969
83	106	140	0,009355414	1	0,07144644
115	96	427,290009	0,05727227	1	0,21496044
95	100	290,559998	0,064015504	1	0,14620744
100	99	204,160004	0,017438835	1	0,10274127
99	101	185,820007	0,013543738	1	0,0935132
101	98	54	0,001067554	1	0,02717605

116	95	419,480011	0,098898108	1	0,21103592
96	116	419,490021	0,050601443	1	0,21104094
93	97	569,309998	0,093160113	1	0,2862903
97	115	498,300018	0,110321572	1	0,25063328
141	146	42,09	0,001380154	1	0,02176049
135	141	212,190002	0,026608541	1	0,1096962
152	131	329,430023	0,06994759	1	0,1702615
131	135	212,200012	0,049593318	1	0,10970136
148	56	123,160004	0,007742702	1	0,0636777
56	124	109,660004	0,008076879	1	0,05669874
123	126	54,830002	0,000630605	1	0,02766734
124	127	54,830002	0,000484616	1	0,02834955
118	199	222,550003	0,027268986	1	0,11228978
199	200	58,049999	0,000176655	1	0,02928277
199	157	164,5	0,004257081	1	0,08300665
157	123	164,490005	0,019863964	1	0,0830016
198	191	23,219999	5,59E-05	1	0,01158437
198	196	146,299988	0,010544452	1	0,0730036
158	198	169,519989	0,055137329	1	0,08458848
196	190	146,289993	0,001664687	1	0,07299863
158	160	530,799988	0,168075313	1	0,26494962
160	171	216,540009	0,029187508	1	0,10808508
171	187	186,309998	0,022507982	1	0,09299905
187	167	0,01	1,78E-10	1	1,37E-05
178	175	54,830002	0,001432093	1	0,02792535
160	184	256,040009	0,061218795	1	0,12781816
184	163	160,080002	0,016619382	1	0,07992008
163	164	18,059999	7,62E-05	1	0,00901657
178	172	113,610001	0,010590477	1	0,05787025
159	178	168,449997	0,014269123	1	0,08580069
158	181	787,309998	0,450399384	1	0,39319873
181	185	354,450012	0,081528042	1	0,17706394
185	165	263,350006	0,02880644	1	0,13156925
165	169	221,959991	0,020463876	1	0,11089484
169	173	135	0,004731491	1	0,06745006
159	179	221,399994	0,015566532	1	0,11275898
179	176	135	0,007234898	1	0,06875836
161	168	23,219999	0,000293818	1	0,01159619
182	161	239,220001	0,034154533	1	0,11946513
181	182	374,220001	0,032702186	1	0,18686389
180	177	216	0,019705673	1	0,1097326
130	156	308,890015	0,025614862	1	0,15959022
129	130	377,950012	0,057519818	1	0,19525852
156	132	173,889999	0,025168244	1	0,08985344
132	139	38,889999	0,001177704	1	0,02009641
136	143	295,519989	0,060981298	1	0,15274063
143	147	178,070007	0,022143681	1	0,09204576



155	136	389,470001	0,093684006	1	0,20127124
147	149	86,400002	0,00120304	1	0,04466148
138	142	351	0,056299736	1	0,18158018
128	150	912,809998	0,201245859	1	0,47143538
145	144	22,07	0,000117755	1	0,0114091
148	145	127,540001	0,006554113	1	0,06593171
151	134	109,620003	0,006768412	1	0,05658428
134	194	23,219999	3,62E-05	1	0,01198542
150	151	222,429993	0,019903912	1	0,11480795
189	188	69,659996	0,002502095	1	0,03456276
188	197	46,439999	0,001668102	1	0,02304238
197	195	23,219999	0,000139008	1	0,01152118
188	192	23,219999	8,90E-05	1	0,01152039
137	148	307	0,088612354	1	0,15871061
154	137	339,380005	0,089720129	1	0,17543804
137	193	23,219999	5,07E-05	1	0,01199585
150	154	555,380005	0,15734484	1	0,28696358
117	83	5045,129883	2,979803785	2	1,03333407
123	125	54,830002	0,000630605	1	0,02766734
201	91	2643,370117	7,856319938	2	0,53757328
91	1	2620,149902	6,770182895	2	0,53297978
91	86	23,219999	6,15E-05	1	0,01157656
1	12	2458,870117	1,773563409	1	1,26193377
3	11	2404,030029	3,546451302	1	1,23436726
11	14	2317,630127	5,162241427	1	1,19072042
14	10	2238,870117	6,091229826	1	1,15075483
12	3	2404,040039	2,390019485	1	1,23437229
10	85	136,759995	0,005950878	1	0,06978448
10	9	1967,109985	1,655201287	1	1,01209274
9	87	1388,680054	1,938206687	1	0,71628316
83	32	4533,089844	2,51813839	2	0,92962018
201	122	6917,700195	1,770693365	3	0,70372293
119	93	6917,680176	27,21793163	3	0,70372096
122	119	6917,689941	31,61943452	3	0,70372197
118	120	88,449997	0,000717559	1	0,04460768
93	118	5629,930176	9,760543985	2	1,15051195
118	121	5318,930176	4,210776583	2	1,08824829
121	117	5045,140137	14,89907761	2	1,03333604
103	104	216	0,021036679	1	0,11025356
83	103	302,399994	0,01925117	2	0,06125809
108	107	42,099998	0,000798916	1	0,02148267
83	108	66,279999	0,000600976	2	0,013423
140	152	396,490021	0,105529466	1	0,20488945
189	158	5625,120117	16,64820232	3	0,5695786
158	183	4134,569824	11,2400048	2	0,84384483
183	186	4028,919922	2,066996532	2	0,82278807
186	166	4028,909912	4,995217104	2	0,82278607

166	174	3857,73999	4,89985378	2	0,78850888
174	180	3777,600098	4,396844332	2	0,77240527
180	159	3470,469971	3,203066901	2	0,7104865
162	170	23,219999	0,000309578	1	0,01166281
183	162	34,650002	0,000814702	1	0,01740364
159	128	3079,48999	19,85781941	1	1,59102233
128	140	970,169983	0,277925665	1	0,50119445
140	129	512,950012	0,11299551	1	0,26496242
128	153	1110,109985	0,39720109	1	0,57382742
153	155	451,309998	0,060155819	1	0,23319977
133	138	486	0,260291977	1	0,25139624
153	133	572,400024	0,237728788	1	0,29603052
201	189	5694,779785	10,23437138	3	0,57643601

Solución #9 del Sistema2 Con Corrección de Jeconómica

**Solución 9**

NodOrigen	NodDestino	PotenciaLin (kVA)	PerdidasLin (kW)	Calibre	Jeconómica
67	65	895,119995	0,38674967	1	0,46194929
65	69	760,690002	0,271630908	1	0,39269154
69	58	697,350037	0,191776571	1	0,36003565
67	84	58,049999	0,000721081	1	0,02988201
67	92	23,219999	0,000331698	1	0,01195284
59	57	86,400002	0,000601113	1	0,0446313
64	70	478,420013	0,119769032	1	0,24706926
68	64	584,330017	0,077870906	1	0,30172842
58	68	641,890015	0,064114747	1	0,33142666
62	60	153,529999	0,018980181	1	0,07930562
70	62	288,529999	0,013851852	1	0,14901957
60	59	86,410004	0,002405	1	0,04463627
66	63	165,720001	0,009023921	1	0,08519878
66	67	1090,119995	0,751721114	1	0,56232651
63	61	79,32	0,002773356	1	0,04078092
1	16	86,410004	0,004675686	1	0,04338985
6	5	126,840004	0,004704021	1	0,06488413
2	6	183,589996	0,012721567	1	0,09391206
5	4	0,01	3,55E-10	1	5,06E-05
16	17	86,400002	0,006232805	1	0,04338483
1	13	74,870003	0,000658008	1	0,03758625
8	7	124,830002	0,010768884	1	0,06385523
2	8	124,839996	0,001657018	1	0,06386041
7	18	32,619999	0,000169701	1	0,01668658
13	15	0,01	1,78E-10	1	1,27E-05
85	90	23,219999	0,000371696	1	0,01184869
9	2	443,429993	0,154170983	1	0,226816

87	88	1365,459961	0,43604349	2	0,27934846
88	66	1342,23999	1,423643425	1	0,69193796
19	50	913,799988	0,533586149	1	0,46823112
50	51	472	0,112723873	1	0,24190142
51	55	337	0,096802072	1	0,17275192
55	26	202	0,028262424	1	0,10356257
26	30	86,400002	0,005568663	1	0,04429934
46	39	107,18	0,007776576	1	0,0558538
50	53	306,799988	0,037593939	1	0,15721332
53	23	306,529999	0,050037093	1	0,15707505
23	28	220,130005	0,033550738	1	0,1128152
28	33	133,729996	0,015002957	1	0,06854181
20	46	242,179993	0,036524983	1	0,12619497
19	43	437,410004	0,020367182	1	0,22402699
43	24	437,410004	0,17821283	1	0,22402698
24	34	351,01001	0,114780683	1	0,17980401
34	37	135,009995	0,010676125	1	0,06917404
37	40	135	0,013828386	1	0,06916892
47	42	63,630001	0,002412182	1	0,03316222
49	47	160,089996	0,013880402	1	0,08343071
32	19	1364,709961	0,354192532	2	0,27748828
27	35	135	0,012107165	1	0,06903778
48	44	135	0,005897649	1	0,07006192
54	22	221,830002	0,027456236	1	0,11342781
22	27	135,429993	0,00926015	1	0,06925764
32	54	268,700012	0,023017825	1	0,13738315
20	49	545,51001	0,08059404	1	0,28432714
36	31	86,400002	0,005864721	1	0,04504574
41	36	172,800003	0,014964131	1	0,09008534
45	41	250,420013	0,011890382	1	0,13054097
49	45	385,420013	0,04023355	1	0,20089643
48	20	1871,869995	1,383644165	2	0,38447236
29	38	2093,280029	1,495795554	2	0,42974719
38	48	2093,27002	1,121835977	2	0,42974515
21	52	2633,280029	0,812280299	2	0,53967749
25	29	2363,280029	0,892939616	2	0,4847678
52	25	2498,280029	1,828679515	2	0,51224993
32	21	2849,280029	1,036710953	2	0,58352494
20	71	1083,619995	1,691087173	1	0,56667132
71	73	132,429993	0,002857112	1	0,06920027
71	75	270,01001	0,029705022	1	0,1411487
80	74	54	0,001821872	1	0,02823022
75	80	270	0,028712728	1	0,14114348
71	72	547,450012	0,220005032	1	0,28644583
72	79	169,869995	0,015684832	1	0,08884875
72	76	334,790009	0,064011565	1	0,17522045
76	77	279,959991	0,029843655	1	0,14653661

78	82	140,809998	0,035600674	1	0,07372231
79	81	23,219999	0,000293076	1	0,01214525
77	78	231,309998	0,008731746	1	0,12108032
82	89	5,81	3,04E-05	1	0,0030419
114	113	135	0,00619227	1	0,0679033
111	114	164,940002	0,007821254	1	0,08296135
93	112	42,450001	0,000423032	1	0,02130941
105	94	434,940002	0,113698102	1	0,21873292
94	111	299,940002	0,021159709	1	0,15085194
93	110	656,340027	0,202565573	1	0,329976
110	105	569,940002	0,152766047	1	0,28657831
83	109	0,01	3,12E-06	1	0,5
106	102	78,959999	0,002480013	1	0,04029709
83	106	140	0,009355461	1	0,0714468
115	96	427,290009	0,057272423	1	0,21496101
95	100	290,559998	0,064015676	1	0,14620783
100	99	204,160004	0,017438883	1	0,10274156
99	101	185,820007	0,013543773	1	0,09351344
101	98	54	0,001067558	1	0,02717614
116	95	419,480011	0,098898375	1	0,21103648
96	116	419,490021	0,050601581	1	0,21104151
93	97	569,309998	0,093160364	1	0,28629107
97	115	498,300018	0,110321868	1	0,25063395
141	146	42,09	0,001380154	1	0,02176049
135	141	212,190002	0,026608541	1	0,1096962
152	131	329,430023	0,06994759	1	0,1702615
131	135	212,200012	0,049593318	1	0,10970136
148	56	123,160004	0,007742702	1	0,0636777
56	124	109,660004	0,008076879	1	0,05669874
123	126	54,830002	0,000630609	1	0,0276675
124	127	54,830002	0,000484616	1	0,02834955
118	199	222,550003	0,027269077	1	0,11229015
199	200	58,049999	0,000176658	1	0,02928324
199	157	164,5	0,004257095	1	0,08300691
157	123	164,490005	0,01986403	1	0,08300188
198	191	23,219999	5,59E-05	1	0,01158437
198	196	146,299988	0,010544452	1	0,0730036
158	198	169,519989	0,055137329	1	0,08458848
196	190	146,289993	0,001664687	1	0,07299863
158	160	530,799988	0,168075313	1	0,26494962
160	171	216,540009	0,029187508	1	0,10808508
171	187	186,309998	0,022507982	1	0,09299905
187	167	0,01	1,78E-10	1	1,37E-05
178	175	54,830002	0,001432093	1	0,02792535
160	184	256,040009	0,061218795	1	0,12781816
184	163	160,080002	0,016619382	1	0,07992008
163	164	18,059999	7,62E-05	1	0,00901657

178	172	113,610001	0,010590477	1	0,05787025
159	178	168,449997	0,014269123	1	0,08580069
158	181	787,309998	0,450399384	1	0,39319873
181	185	354,450012	0,081528042	1	0,17706394
185	165	263,350006	0,02880644	1	0,13156925
165	169	221,959991	0,020463876	1	0,11089484
169	173	135	0,004731491	1	0,06745006
159	179	221,399994	0,015566532	1	0,11275898
179	176	135	0,007234898	1	0,06875836
161	168	23,219999	0,000293818	1	0,01159619
182	161	239,220001	0,034154533	1	0,11946513
181	182	374,220001	0,032702186	1	0,18686389
180	177	216	0,019705673	1	0,1097326
130	156	308,890015	0,025614862	1	0,15959022
129	130	377,950012	0,057519818	1	0,19525852
156	132	173,889999	0,025168244	1	0,08985344
132	139	38,889999	0,001177704	1	0,02009641
136	143	295,519989	0,060981298	1	0,15274063
143	147	178,070007	0,022143681	1	0,09204576
155	136	389,470001	0,093684006	1	0,20127124
147	149	86,400002	0,00120304	1	0,04466148
138	142	351	0,056299736	1	0,18158018
128	150	912,809998	0,201245859	1	0,47143538
145	144	22,07	0,000117755	1	0,0114091
148	145	127,540001	0,006554113	1	0,06593171
151	134	109,620003	0,006768412	1	0,05658428
134	194	23,219999	3,62E-05	1	0,01198542
150	151	222,429993	0,019903912	1	0,11480795
189	188	69,659996	0,002502095	1	0,03456276
188	197	46,439999	0,001668102	1	0,02304238
197	195	23,219999	0,000139008	1	0,01152118
188	192	23,219999	8,90E-05	1	0,01152039
137	148	307	0,088612354	1	0,15871061
154	137	339,380005	0,089720129	1	0,17543804
137	193	23,219999	5,07E-05	1	0,01199585
150	154	555,380005	0,15734484	1	0,28696358
117	83	5045,129883	2,980790926	2	1,03367639
123	125	54,830002	0,00063061	1	0,02766756
201	91	2643,370117	7,853208905	2	0,53736041
91	1	2620,149902	6,767478563	2	0,53276689
91	86	23,219999	6,15E-05	1	0,01157629
1	12	2458,870117	1,772809191	1	1,26139713
3	11	2404,030029	3,544909267	1	1,23383055
11	14	2317,630127	5,159914532	1	1,1901837
14	10	2238,870117	6,088389291	1	1,1502182
12	3	2404,040039	2,388980283	1	1,23383558
10	85	136,759995	0,005950835	1	0,06978397

10	9	1967,109985	1,654324799	1	1,0115568
9	87	1388,680054	1,936760674	1	0,71574877
83	32	4533,089844	2,519064932	2	0,92996224
201	122	6917,700195	1,771123925	3	0,70389405
119	93	6917,680176	27,22455008	3	0,70389208
122	119	6917,689941	31,62712325	3	0,70389309
118	120	88,449997	0,000717566	1	0,04460812
93	118	5629,930176	9,76344808	2	1,15085427
118	121	5318,930176	4,21210114	2	1,08859061
121	117	5045,140137	14,90401332	2	1,03367836
103	104	216	0,021036787	1	0,11025413
83	103	302,399994	0,019251268	2	0,0612584
108	107	42,099998	0,00079892	1	0,02148279
83	108	66,279999	0,000600979	2	0,01342307
140	152	396,490021	0,105529466	1	0,20488945
189	158	5625,120117	16,64820232	3	0,5695786
158	183	4134,569824	11,2400048	2	0,84384483
183	186	4028,919922	2,066996532	2	0,82278807
186	166	4028,909912	4,995217104	2	0,82278607
166	174	3857,73999	4,89985378	2	0,78850888
174	180	3777,600098	4,396844332	2	0,77240527
180	159	3470,469971	3,203066901	2	0,7104865
162	170	23,219999	0,000309578	1	0,01166281
183	162	34,650002	0,000814702	1	0,01740364
159	128	3079,48999	19,85781941	1	1,59102233
128	140	970,169983	0,277925665	1	0,50119445
140	129	512,950012	0,11299551	1	0,26496242
128	153	1110,109985	0,39720109	1	0,57382742
153	155	451,309998	0,060155819	1	0,23319977
133	138	486	0,260291977	1	0,25139624
153	133	572,400024	0,237728788	1	0,29603052
201	189	5694,779785	10,23437138	3	0,57643601

## Solución #10 del Sistema2 Con Corrección de Jeconómica

**Solución 10**

NodOrigen	NodDestino	PotenciaLin (kVA)	PerdidasLin (kW)	Calibre	Jeconómica
67	65	895,119995	0,386656365	1	0,46183785
65	69	760,690002	0,271565355	1	0,39259677
69	58	697,350037	0,191730285	1	0,35994875
67	84	58,049999	0,000720906	1	0,02987477
67	92	23,219999	0,000331618	1	0,01194997
59	57	86,400002	0,000600963	1	0,04462012
64	70	478,420013	0,119740117	1	0,24700961
68	64	584,330017	0,077852106	1	0,30165558

58	68	641,890015	0,064099272	1	0,33134667
62	60	153,529999	0,018975598	1	0,07928647
70	62	288,529999	0,013848507	1	0,14898358
60	59	86,410004	0,00240442	1	0,0446255
66	63	165,720001	0,009021752	1	0,0851783
66	67	1090,119995	0,751539841	1	0,56219091
63	61	79,32	0,002772689	1	0,04077113
1	16	86,410004	0,004675682	1	0,04338982
6	5	126,840004	0,004704011	1	0,06488398
2	6	183,589996	0,012721536	1	0,09391183
5	4	0,01	3,55E-10	1	5,06E-05
16	17	86,400002	0,0062328	1	0,04338479
1	13	74,870003	0,000658008	1	0,03758625
8	7	124,830002	0,010768859	1	0,06385508
2	8	124,839996	0,001657014	1	0,06386024
7	18	32,619999	0,000169701	1	0,01668658
13	15	0,01	1	1	1,27E-05
85	90	23,219999	0,000371695	1	0,01184866
9	2	443,429993	0,154170622	1	0,22681546
87	88	1365,459961	0,43604349	2	0,27934846
88	66	1342,23999	0,56488963	2	0,27455511
19	50	913,799988	0,533912089	1	0,46851714
50	51	472	0,112792744	1	0,24204922
51	55	337	0,096861229	1	0,17285749
55	26	202	0,028279698	1	0,10362586
26	30	86,400002	0,005572067	1	0,04432642
46	39	107,18	0,007776597	1	0,05585396
50	53	306,799988	0,037616904	1	0,15730936
53	23	306,529999	0,050067661	1	0,15717101
23	28	220,130005	0,033571236	1	0,11288412
28	33	133,729996	0,015012124	1	0,0685837
20	46	242,179993	0,036525083	1	0,12619531
19	43	437,410004	0,020379615	1	0,22416375
43	24	437,410004	0,178321642	1	0,22416377
24	34	351,01001	0,114850775	1	0,17991381
34	37	135,009995	0,010682646	1	0,0692163
37	40	135	0,013836832	1	0,06921116
47	42	63,630001	0,002412188	1	0,03316231
49	47	160,089996	0,01388044	1	0,08343094
32	19	1364,709961	0,354168974	2	0,27746983
27	35	135	0,012107198	1	0,06903796
48	44	135	0,005897665	1	0,0700621
54	22	221,830002	0,027456309	1	0,11342811
22	27	135,429993	0,009260175	1	0,06925783
32	54	268,700012	0,023017886	1	0,13738351
20	49	545,51001	0,080594262	1	0,28432793
36	31	86,400002	0,005864737	1	0,04504586

41	36	172,800003	0,014964172	1	0,09008559
45	41	250,420013	0,011890413	1	0,13054132
49	45	385,420013	0,04023366	1	0,20089698
48	20	1871,869995	1,383640382	2	0,38447131
29	38	2093,280029	1,495791468	2	0,42974602
38	48	2093,27002	1,121832912	2	0,42974398
21	52	2633,280029	0,812278083	2	0,53967602
25	29	2363,280029	0,892937179	2	0,48476648
52	25	2498,280029	1,828674526	2	0,51224853
32	21	2849,280029	1,036708128	2	0,58352335
20	71	1083,619995	1,691091845	1	0,56667289
71	73	132,429993	0,002857121	1	0,0692005
71	75	270,01001	0,029705104	1	0,14114909
80	74	54	0,001821877	1	0,0282303
75	80	270	0,028712807	1	0,14114387
71	72	547,450012	0,22000564	1	0,28644662
72	79	169,869995	0,015684875	1	0,08884899
72	76	334,790009	0,064011742	1	0,17522093
76	77	279,959991	0,029843737	1	0,14653701
78	82	140,809998	0,035600773	1	0,07372251
79	81	23,219999	0,000293077	1	0,01214528
77	78	231,309998	0,00873177	1	0,12108065
82	89	5,81	3,04E-05	1	0,00304192
114	113	135	0,006192278	1	0,06790339
111	114	164,940002	0,007821264	1	0,08296146
93	112	42,450001	0,000423033	1	0,02130944
105	94	434,940002	0,113698257	1	0,21873322
94	111	299,940002	0,021159737	1	0,15085214
93	110	656,340027	0,202565847	1	0,32997645
110	105	569,940002	0,152766255	1	0,2865787
83	109	0,01	3,55E-10	1	5,70E-05
106	102	78,959999	0,002480021	1	0,04029722
83	106	140	0,009355486	1	0,07144699
115	96	427,290009	0,057272502	1	0,2149613
95	100	290,559998	0,064015764	1	0,14620803
100	99	204,160004	0,017438906	1	0,10274169
99	101	185,820007	0,013543792	1	0,09351357
101	98	54	0,001067558	1	0,02717615
116	95	419,480011	0,098898509	1	0,21103677
96	116	419,490021	0,050601648	1	0,21104179
93	97	569,309998	0,093160491	1	0,28629146
97	115	498,300018	0,110322019	1	0,25063429
141	146	42,09	0,001380154	1	0,02176049
135	141	212,190002	0,026608541	1	0,1096962
152	131	329,430023	0,06994759	1	0,1702615
131	135	212,200012	0,049593318	1	0,10970136
148	56	123,160004	0,007742702	1	0,0636777



56	124	109,660004	0,008076879	1	0,05669874
123	126	54,830002	0,000630611	1	0,02766759
124	127	54,830002	0,000484616	1	0,02834955
118	199	222,550003	0,027269123	1	0,11229034
199	200	58,049999	0,000176667	1	0,02928466
199	157	164,5	0,004257103	1	0,08300708
157	123	164,490005	0,019864063	1	0,08300202
198	191	23,219999	5,59E-05	1	0,01158437
198	196	146,299988	0,010544452	1	0,0730036
158	198	169,519989	0,055137329	1	0,08458848
196	190	146,289993	0,001664687	1	0,07299863
158	160	530,799988	0,168075313	1	0,26494962
160	171	216,540009	0,029187508	1	0,10808508
171	187	186,309998	0,022507982	1	0,09299905
187	167	0,01	1,78E-10	1	1,37E-05
178	175	54,830002	0,001432093	1	0,02792535
160	184	256,040009	0,061218795	1	0,12781816
184	163	160,080002	0,016619382	1	0,07992008
163	164	18,059999	7,62E-05	1	0,00901657
178	172	113,610001	0,010590477	1	0,05787025
159	178	168,449997	0,014269123	1	0,08580069
158	181	787,309998	0,450399384	1	0,39319873
181	185	354,450012	0,081528042	1	0,17706394
185	165	263,350006	0,02880644	1	0,13156925
165	169	221,959991	0,020463876	1	0,11089484
169	173	135	0,004731491	1	0,06745006
159	179	221,399994	0,015566532	1	0,11275898
179	176	135	0,007234898	1	0,06875836
161	168	23,219999	0,000293818	1	0,01159619
182	161	239,220001	0,034154533	1	0,11946513
181	182	374,220001	0,032702186	1	0,18686389
180	177	216	0,019705673	1	0,1097326
130	156	308,890015	0,025614862	1	0,15959022
129	130	377,950012	0,057519818	1	0,19525852
156	132	173,889999	0,025168244	1	0,08985344
132	139	38,889999	0,001177704	1	0,02009641
136	143	295,519989	0,060981298	1	0,15274063
143	147	178,070007	0,022143681	1	0,09204576
155	136	389,470001	0,093684006	1	0,20127124
147	149	86,400002	0,00120304	1	0,04466148
138	142	351	0,056299736	1	0,18158018
128	150	912,809998	0,201245859	1	0,47143538
145	144	22,07	0,000117755	1	0,0114091
148	145	127,540001	0,006554113	1	0,06593171
151	134	109,620003	0,006768412	1	0,05658428
134	194	23,219999	3,62E-05	1	0,01198542
150	151	222,429993	0,019903912	1	0,11480795

189	188	69,659996	0,002502095	1	0,03456276
188	197	46,439999	0,001668102	1	0,02304238
197	195	23,219999	0,000139008	1	0,01152118
188	192	23,219999	8,90E-05	1	0,01152039
137	148	307	0,088612354	1	0,15871061
154	137	339,380005	0,089720129	1	0,17543804
137	193	23,219999	5,07E-05	1	0,01199585
150	154	555,380005	0,15734484	1	0,28696358
117	83	5045,129883	2,981287892	2	1,03384873
123	125	54,830002	0,000630611	1	0,02766759
201	91	2643,370117	7,852289495	2	0,5372975
91	1	2620,149902	6,766679347	2	0,53270397
91	86	23,219999	6,15E-05	1	0,01157629
1	12	2458,870117	1,772586298	1	1,26123854
3	11	2404,030029	3,544453556	1	1,23367193
11	14	2317,630127	5,15922688	1	1,19002509
14	10	2238,870117	6,087549853	1	1,15005961
12	3	2404,040039	2,388673172	1	1,23367696
10	85	136,759995	0,005950823	1	0,06978383
10	9	1967,109985	1,654065789	1	1,01139842
9	87	1388,680054	1,936333411	1	0,71559087
83	32	4533,089844	2,519531401	2	0,93013444
201	122	6917,700195	1,771340686	3	0,70398019
119	93	6917,680176	27,22788192	3	0,70397822
122	119	6917,689941	31,6309939	3	0,70397924
118	120	88,449997	0,000717564	1	0,04460803
93	118	5629,930176	9,764910091	2	1,1510266
118	121	5318,930176	4,21276797	2	1,08876295
121	117	5045,140137	14,90649816	2	1,0338507
103	104	216	0,021036841	1	0,11025441
83	103	302,399994	0,019251318	2	0,06125856
108	107	42,099998	0,000798922	1	0,02148284
83	108	66,279999	0,000600981	2	0,01342311
140	152	396,490021	0,105529466	1	0,20488945
189	158	5625,120117	16,64820232	3	0,5695786
158	183	4134,569824	11,2400048	2	0,84384483
183	186	4028,919922	2,066996532	2	0,82278807
186	166	4028,909912	4,995217104	2	0,82278607
166	174	3857,73999	4,89985378	2	0,78850888
174	180	3777,600098	4,396844332	2	0,77240527
180	159	3470,469971	3,203066901	2	0,7104865
162	170	23,219999	0,000309578	1	0,01166281
183	162	34,650002	0,000814702	1	0,01740364
159	128	3079,48999	19,85781941	1	1,59102233
128	140	970,169983	0,277925665	1	0,50119445
140	129	512,950012	0,11299551	1	0,26496242
128	153	1110,109985	0,39720109	1	0,57382742

153	155	451,309998	0,060155819	1	0,23319977
133	138	486	0,260291977	1	0,25139624
153	133	572,400024	0,237728788	1	0,29603052
201	189	5694,779785	10,23437138	3	0,57643601

Solución #11 del Sistema2 Con Corrección de Jeconómica

**Solución 11**

NodOrigen	NodDestino	PotenciaLin (kVA)	PerdidasLin (kW)	Calibre	Jeconómica
67	65	895,119995	0,386113289	1	0,46118917
65	69	760,690002	0,271183815	1	0,39204519
69	58	697,350037	0,191460878	1	0,35944298
67	84	58,049999	0,000719897	1	0,02983296
67	92	23,219999	0,000331154	1	0,01193322
59	57	86,400002	0,00060012	1	0,04455755
64	70	478,420013	0,119571823	1	0,24666244
68	64	584,330017	0,077742698	1	0,30123165
58	68	641,890015	0,064009197	1	0,33088104
62	60	153,529999	0,018948921	1	0,07917501
70	62	288,529999	0,013829041	1	0,14877416
60	59	86,410004	0,002401039	1	0,04456275
66	63	165,720001	0,009014878	1	0,0851134
66	67	1090,119995	0,297857762	2	0,22281311
63	61	79,32	0,002770576	1	0,04074005
1	16	86,410004	0,004675661	1	0,04338962
6	5	126,840004	0,004703948	1	0,06488311
2	6	183,589996	0,012721367	1	0,09391059
5	4	0,01	3,55E-10	1	5,06E-05
16	17	86,400002	0,006232771	1	0,0433846
1	13	74,870003	0,000658005	1	0,03758608
8	7	124,830002	0,010768715	1	0,06385423
2	8	124,839996	0,001656991	1	0,06385937
7	18	32,619999	0,000169696	1	0,0166861
13	15	0,01	1	1	0,5
85	90	23,219999	0,000371691	1	0,01184853
9	2	443,429993	0,154168569	1	0,22681244
87	88	1365,459961	0,435390031	2	0,27892982
88	66	1342,23999	0,564164613	2	0,27420273
19	50	913,799988	0,533566728	1	0,46821408
50	51	472	0,11271977	1	0,24189262
51	55	337	0,096798547	1	0,17274563
55	26	202	0,028261395	1	0,1035588
26	30	86,400002	0,005568461	1	0,04429773
46	39	107,18	0,007739616	1	0,05558835
50	53	306,799988	0,03759257	1	0,1572076

53	23	306,529999	0,050035272	1	0,15706933
23	28	220,130005	0,033549517	1	0,11281109
28	33	133,729996	0,015002411	1	0,06853932
20	46	242,179993	0,036351408	1	0,12559526
19	43	437,410004	0,02036644	1	0,22401884
43	24	437,410004	0,178206347	1	0,22401883
24	34	351,01001	0,114776506	1	0,17979747
34	37	135,009995	0,010675736	1	0,06917153
37	40	135	0,013827883	1	0,0691664
47	42	63,630001	0,002400717	1	0,0330046
49	47	160,089996	0,01381443	1	0,08303418
32	19	1364,709961	0,354179642	2	0,27747819
27	35	135	0,012106725	1	0,06903527
48	44	135	0,005879911	1	0,0698512
54	22	221,830002	0,027455237	1	0,11342368
22	27	135,429993	0,009259814	1	0,06925512
32	54	268,700012	0,023016988	1	0,13737815
20	49	545,51001	0,080210941	1	0,28297561
36	31	86,400002	0,005836835	1	0,04483156
41	36	172,800003	0,014892984	1	0,08965704
45	41	250,420013	0,011833854	1	0,12992037
49	45	385,420013	0,040042295	1	0,19994144
48	20	1871,869995	1,38835374	2	0,38578101
29	38	2093,280029	1,501016404	2	0,43124716
38	48	2093,27002	1,125751572	2	0,43124511
21	52	2633,280029	0,812278083	2	0,53967602
25	29	2363,280029	0,892937179	2	0,48476648
52	25	2498,280029	1,828674526	2	0,51224853
32	21	2849,280029	1,036708128	2	0,58352335
20	71	1083,619995	0,667007076	2	0,22350934
71	73	132,429993	0,002839402	1	0,06877132
71	75	270,01001	0,029520809	1	0,14027337
80	74	54	0,001810573	1	0,02805514
75	80	270	0,028534668	1	0,14026819
71	72	547,450012	0,218639436	1	0,28466782
72	79	169,869995	0,01558751	1	0,08829746
72	76	334,790009	0,063614134	1	0,17413255
76	77	279,959991	0,029658348	1	0,14562672
78	82	140,809998	0,035379562	1	0,07326442
79	81	23,219999	0,000291258	1	0,01206988
77	78	231,309998	0,008677526	1	0,12032847
82	89	5,81	3,02E-05	1	0,00302302
114	113	135	0,006192157	1	0,06790206
111	114	164,940002	0,007821112	1	0,08295984
93	112	42,450001	0,000423024	1	0,02130898
105	94	434,940002	0,11369603	1	0,21872893
94	111	299,940002	0,021159324	1	0,1508492

93	110	656,340027	0,20256188	1	0,32996999
110	105	569,940002	0,152763263	1	0,28657308
83	109	0,01	3,55E-10	1	5,70E-05
106	102	78,959999	0,002479928	1	0,04029572
83	106	140	0,009355138	1	0,07144433
115	96	427,290009	0,057271379	1	0,21495709
95	100	290,559998	0,064014508	1	0,14620516
100	99	204,160004	0,017438565	1	0,10273968
99	101	185,820007	0,013543527	1	0,09351174
101	98	54	0,001067539	1	0,02717565
116	95	419,480011	0,098896571	1	0,21103263
96	116	419,490021	0,050600658	1	0,21103766
93	97	569,309998	0,093158666	1	0,28628585
97	115	498,300018	0,110319857	1	0,25062938
141	146	42,09	0,001380154	1	0,02176049
135	141	212,190002	0,026608541	1	0,1096962
152	131	329,430023	0,06994759	1	0,1702615
131	135	212,200012	0,049593318	1	0,10970136
148	56	123,160004	0,007742702	1	0,0636777
56	124	109,660004	0,008076879	1	0,05669874
123	126	54,830002	0,000630595	1	0,02766691
124	127	54,830002	0,000484616	1	0,02834955
118	199	222,550003	0,027268463	1	0,11228762
199	200	58,049999	0,000176652	1	0,0292823
199	157	164,5	0,004256999	1	0,08300504
157	123	164,490005	0,019863582	1	0,08300001
198	191	23,219999	5,59E-05	1	0,01158437
198	196	146,299988	0,010544452	1	0,0730036
158	198	169,519989	0,055137329	1	0,08458848
196	190	146,289993	0,001664687	1	0,07299863
158	160	530,799988	0,168075313	1	0,26494962
160	171	216,540009	0,029187508	1	0,10808508
171	187	186,309998	0,022507982	1	0,09299905
187	167	0,01	1,78E-10	1	1,37E-05
178	175	54,830002	0,001432093	1	0,02792535
160	184	256,040009	0,061218795	1	0,12781816
184	163	160,080002	0,016619382	1	0,07992008
163	164	18,059999	7,62E-05	1	0,00901657
178	172	113,610001	0,010590477	1	0,05787025
159	178	168,449997	0,014269123	1	0,08580069
158	181	787,309998	0,450399384	1	0,39319873
181	185	354,450012	0,081528042	1	0,17706394
185	165	263,350006	0,02880644	1	0,13156925
165	169	221,959991	0,020463876	1	0,11089484
169	173	135	0,004731491	1	0,06745006
159	179	221,399994	0,015566532	1	0,11275898
179	176	135	0,007234898	1	0,06875836

161	168	23,219999	0,000293818	1	0,01159619
182	161	239,220001	0,034154533	1	0,11946513
181	182	374,220001	0,032702186	1	0,18686389
180	177	216	0,019705673	1	0,1097326
130	156	308,890015	0,025614862	1	0,15959022
129	130	377,950012	0,057519818	1	0,19525852
156	132	173,889999	0,025168244	1	0,08985344
132	139	38,889999	0,001177704	1	0,02009641
136	143	295,519989	0,060981298	1	0,15274063
143	147	178,070007	0,022143681	1	0,09204576
155	136	389,470001	0,093684006	1	0,20127124
147	149	86,400002	0,00120304	1	0,04466148
138	142	351	0,056299736	1	0,18158018
128	150	912,809998	0,201245859	1	0,47143538
145	144	22,07	0,000117755	1	0,0114091
148	145	127,540001	0,006554113	1	0,06593171
151	134	109,620003	0,006768412	1	0,05658428
134	194	23,219999	3,62E-05	1	0,01198542
150	151	222,429993	0,019903912	1	0,11480795
189	188	69,659996	0,002502095	1	0,03456276
188	197	46,439999	0,001668102	1	0,02304238
197	195	23,219999	0,000139008	1	0,01152118
188	192	23,219999	8,90E-05	1	0,01152039
137	148	307	0,088612354	1	0,15871061
154	137	339,380005	0,089720129	1	0,17543804
137	193	23,219999	5,07E-05	1	0,01199585
150	154	555,380005	0,15734484	1	0,28696358
117	83	5045,129883	2,974106309	2	1,0313583
123	125	54,830002	0,000630595	1	0,02766691
201	91	2643,370117	7,847064581	2	0,53693998
91	1	2620,149902	6,762137499	2	0,53234641
91	86	23,219999	6,15E-05	1	0,01157629
1	12	2458,870117	1,771319652	1	1,26033729
3	11	2404,030029	3,541863878	1	1,23277058
11	14	2317,630127	5,155319201	1	1,18912374
14	10	2238,870117	6,082779692	1	1,14915843
12	3	2404,040039	2,386927946	1	1,23277561
10	85	136,759995	0,005950749	1	0,06978296
10	9	1967,109985	1,652594015	1	1,01049849
9	87	1388,680054	1,933906029	1	0,71469381
83	32	4533,089844	2,512791232	2	0,92764618
201	122	6917,700195	1,76820763	3	0,70273503
119	93	6917,680176	27,17972251	3	0,70273306
122	119	6917,689941	31,57504654	3	0,70273407
118	120	88,449997	0,000717549	1	0,04460706
93	118	5629,930176	9,743780852	2	1,14853602
118	121	5318,930176	4,203131286	2	1,08627241

121	117	5045,140137	14,87059017	2	1,03136027
103	104	216	0,02103606	1	0,11025032
83	103	302,399994	0,019250603	2	0,06125629
108	107	42,099998	0,000798892	1	0,02148203
83	108	66,279999	0,000600959	2	0,0134226
140	152	396,490021	0,105529466	1	0,20488945
189	158	5625,120117	16,64820232	3	0,5695786
158	183	4134,569824	11,2400048	2	0,84384483
183	186	4028,919922	2,066996532	2	0,82278807
186	166	4028,909912	4,995217104	2	0,82278607
166	174	3857,73999	4,89985378	2	0,78850888
174	180	3777,600098	4,396844332	2	0,77240527
180	159	3470,469971	3,203066901	2	0,7104865
162	170	23,219999	0,000309578	1	0,01166281
183	162	34,650002	0,000814702	1	0,01740364
159	128	3079,48999	19,85781941	1	1,59102233
128	140	970,169983	0,277925665	1	0,50119445
140	129	512,950012	0,11299551	1	0,26496242
128	153	1110,109985	0,39720109	1	0,57382742
153	155	451,309998	0,060155819	1	0,23319977
133	138	486	0,260291977	1	0,25139624
153	133	572,400024	0,237728788	1	0,29603052
201	189	5694,779785	10,23437138	3	0,57643601

Solución #12 del Sistema2 Con Corrección de Jeconómica

**Solución 12**

NodOrigen	NodDestino	PotenciaLin (kVA)	PerdidasLin (kW)	Calibre	Jeconómica
67	65	895,119995	0,153181469	2	0,18296608
65	69	760,690002	0,271074176	1	0,39188668
69	58	697,350037	0,191383462	1	0,35929764
67	84	58,049999	0,000719894	1	0,02983284
67	92	23,219999	0,000331153	1	0,01193318
59	57	86,400002	0,00059988	1	0,04453972
64	70	478,420013	0,119523461	1	0,24656267
68	64	584,330017	0,077711259	1	0,30110983
58	68	641,890015	0,063983313	1	0,33074724
62	60	153,529999	0,018941256	1	0,07914298
70	62	288,529999	0,013823449	1	0,14871401
60	59	86,410004	0,002400068	1	0,04454473

66	63	165,720001	0,009014846	1	0,0851131
66	67	1090,119995	0,297758698	2	0,222739
63	61	79,32	0,002770567	1	0,04073991
1	16	86,410004	0,004675656	1	0,04338958
6	5	126,840004	0,004703935	1	0,06488294
2	6	183,589996	0,012721332	1	0,09391032
5	4	0,01	3,55E-10	1	5,06E-05
16	17	86,400002	0,006232765	1	0,04338456
1	13	74,870003	0,000658005	1	0,03758608
8	7	124,830002	0,010768685	1	0,06385406
2	8	124,839996	0,001656989	1	0,06385926
7	18	32,619999	0,000169698	1	0,01668624
13	15	0,01	1,78E-10	1	1,27E-05
85	90	23,219999	0,00037169	1	0,01184849
9	2	443,429993	0,154168139	1	0,22681181
87	88	1365,459961	0,435274088	2	0,27885554
88	66	1342,23999	0,564011816	2	0,27412846
19	50	913,799988	0,211650658	2	0,18572713
50	51	472	0,112658477	1	0,24176108
51	55	337	0,096745901	1	0,17265168
55	26	202	0,028246022	1	0,10350247
26	30	86,400002	0,005565432	1	0,04427364
46	39	107,18	0,007739604	1	0,05558826
50	53	306,799988	0,037572132	1	0,15712213
53	23	306,529999	0,050008068	1	0,15698394
23	28	220,130005	0,033531275	1	0,11274975
28	33	133,729996	0,014994252	1	0,06850205
20	46	242,179993	0,036351349	1	0,12559506
19	43	437,410004	0,020366402	1	0,22401841
43	24	437,410004	0,178206038	1	0,22401844
24	34	351,01001	0,114776307	1	0,17979716
34	37	135,009995	0,010675718	1	0,06917141
37	40	135	0,013827859	1	0,06916628
47	42	63,630001	0,002400713	1	0,03300454
49	47	160,089996	0,013814408	1	0,08303405
32	19	1364,709961	0,354050494	2	0,27737701
27	35	135	0,012106706	1	0,06903516
48	44	135	0,005879901	1	0,06985107
54	22	221,830002	0,027455193	1	0,1134235
22	27	135,429993	0,009259799	1	0,06925501
32	54	268,700012	0,02301695	1	0,13737793
20	49	545,51001	0,08021081	1	0,28297515
36	31	86,400002	0,005836826	1	0,04483148
41	36	172,800003	0,01489296	1	0,08965689
45	41	250,420013	0,011833835	1	0,12992016
49	45	385,420013	0,040042228	1	0,19994111
48	20	1871,869995	1,388351465	2	0,38578038



29	38	2093,280029	1,501013946	2	0,43124645
38	48	2093,27002	1,125749729	2	0,43124441
21	52	2633,280029	0,811790969	2	0,53935238
25	29	2363,280029	0,892341392	2	0,48444303
52	25	2498,280029	1,827519468	2	0,51192498
32	21	2849,280029	1,036132913	2	0,58319959
20	71	1083,619995	0,667005983	2	0,22350898
71	73	132,429993	0,002839397	1	0,0687712
71	75	270,01001	0,02952076	1	0,14027314
80	74	54	0,00181057	1	0,0280551
75	80	270	0,028534621	1	0,14026796
71	72	547,450012	0,218639077	1	0,28466736
72	79	169,869995	0,015587485	1	0,08829732
72	76	334,790009	0,06361403	1	0,17413226
76	77	279,959991	0,0296583	1	0,14562648
78	82	140,809998	0,035379504	1	0,0732643
79	81	23,219999	0,000291257	1	0,01206987
77	78	231,309998	0,008677512	1	0,12032827
82	89	5,81	3,02E-05	1	0,00302302
114	113	135	0,006192152	1	0,067902
111	114	164,940002	0,007821104	1	0,08295977
93	112	42,450001	0,000423024	1	0,02130898
105	94	434,940002	0,113695938	1	0,21872875
94	111	299,940002	0,021159305	1	0,15084907
93	110	656,340027	0,202561716	1	0,32996972
110	105	569,940002	0,152763139	1	0,28657285
83	109	0,01	1	1	5,70E-05
106	102	78,959999	0,002479924	1	0,04029565
83	106	140	0,009355124	1	0,07144422
115	96	427,290009	0,057271333	1	0,21495692
95	100	290,559998	0,064014457	1	0,14620505
100	99	204,160004	0,01743855	1	0,10273959
99	101	185,820007	0,013543516	1	0,09351167
101	98	54	0,001067538	1	0,02717563
116	95	419,480011	0,098896491	1	0,21103246
96	116	419,490021	0,050600616	1	0,21103748
93	97	569,309998	0,093158589	1	0,28628561
97	115	498,300018	0,110319767	1	0,25062918
141	146	42,09	0,001380154	1	0,02176049
135	141	212,190002	0,026608541	1	0,1096962
152	131	329,430023	0,06994759	1	0,1702615
131	135	212,200012	0,049593318	1	0,10970136
148	56	123,160004	0,007742702	1	0,0636777
56	124	109,660004	0,008076879	1	0,05669874
123	126	54,830002	0,000630595	1	0,02766691
124	127	54,830002	0,000484616	1	0,02834955
118	199	222,550003	0,027268435	1	0,11228751

199	200	58,049999	0,000176649	1	0,02928183
199	157	164,5	0,004256996	1	0,08300499
157	123	164,490005	0,019863562	1	0,08299993
198	191	23,219999	5,59E-05	1	0,01158437
198	196	146,299988	0,010544452	1	0,0730036
158	198	169,519989	0,055137329	1	0,08458848
196	190	146,289993	0,001664687	1	0,07299863
158	160	530,799988	0,168075313	1	0,26494962
160	171	216,540009	0,029187508	1	0,10808508
171	187	186,309998	0,022507982	1	0,09299905
187	167	0,01	1,78E-10	1	1,37E-05
178	175	54,830002	0,001432093	1	0,02792535
160	184	256,040009	0,061218795	1	0,12781816
184	163	160,080002	0,016619382	1	0,07992008
163	164	18,059999	7,62E-05	1	0,00901657
178	172	113,610001	0,010590477	1	0,05787025
159	178	168,449997	0,014269123	1	0,08580069
158	181	787,309998	0,450399384	1	0,39319873
181	185	354,450012	0,081528042	1	0,17706394
185	165	263,350006	0,02880644	1	0,13156925
165	169	221,959991	0,020463876	1	0,11089484
169	173	135	0,004731491	1	0,06745006
159	179	221,399994	0,015566532	1	0,11275898
179	176	135	0,007234898	1	0,06875836
161	168	23,219999	0,000293818	1	0,01159619
182	161	239,220001	0,034154533	1	0,11946513
181	182	374,220001	0,032702186	1	0,18686389
180	177	216	0,019705673	1	0,1097326
130	156	308,890015	0,025614862	1	0,15959022
129	130	377,950012	0,057519818	1	0,19525852
156	132	173,889999	0,025168244	1	0,08985344
132	139	38,889999	0,001177704	1	0,02009641
136	143	295,519989	0,060981298	1	0,15274063
143	147	178,070007	0,022143681	1	0,09204576
155	136	389,470001	0,093684006	1	0,20127124
147	149	86,400002	0,00120304	1	0,04466148
138	142	351	0,056299736	1	0,18158018
128	150	912,809998	0,201245859	1	0,47143538
145	144	22,07	0,000117755	1	0,0114091
148	145	127,540001	0,006554113	1	0,06593171
151	134	109,620003	0,006768412	1	0,05658428
134	194	23,219999	3,62E-05	1	0,01198542
150	151	222,429993	0,019903912	1	0,11480795
189	188	69,659996	0,002502095	1	0,03456276
188	197	46,439999	0,001668102	1	0,02304238
197	195	23,219999	0,000139008	1	0,01152118
188	192	23,219999	8,90E-05	1	0,01152039

137	148	307	0,088612354	1	0,15871061
154	137	339,380005	0,089720129	1	0,17543804
137	193	23,219999	5,07E-05	1	0,01199585
150	154	555,380005	0,15734484	1	0,28696358
117	83	5045,129883	2,973810084	2	1,03125558
123	125	54,830002	0,000630595	1	0,02766691
201	91	2643,370117	7,845974012	2	0,53686536
91	1	2620,149902	6,761189506	2	0,53227178
91	86	23,219999	6,15E-05	1	0,01157602
1	12	2458,870117	1,771055279	1	1,26014918
3	11	2404,030029	3,541323365	1	1,23258245
11	14	2317,630127	5,15450361	1	1,18893562
14	10	2238,870117	6,081784101	1	1,14897035
12	3	2404,040039	2,386563687	1	1,23258748
10	85	136,759995	0,005950734	1	0,06978279
10	9	1967,109985	1,652286855	1	1,01031067
9	87	1388,680054	1,933399525	1	0,71450663
83	32	4533,089844	2,512513248	2	0,92754355
201	122	6917,700195	1,768078351	3	0,70268365
119	93	6917,680176	27,17773546	3	0,70268169
122	119	6917,689941	31,57273817	3	0,7026827
118	120	88,449997	0,000717549	1	0,04460706
93	118	5629,930176	9,742909221	2	1,14843328
118	121	5318,930176	4,202733771	2	1,08616967
121	117	5045,140137	14,86910904	2	1,03125755
103	104	216	0,021036027	1	0,11025014
83	103	302,399994	0,019250574	2	0,0612562
108	107	42,099998	0,000798891	1	0,021482
83	108	66,279999	0,000600959	2	0,0134226
140	152	396,490021	0,105529466	1	0,20488945
189	158	5625,120117	16,64820232	3	0,5695786
158	183	4134,569824	11,2400048	2	0,84384483
183	186	4028,919922	2,066996532	2	0,82278807
186	166	4028,909912	4,995217104	2	0,82278607
166	174	3857,73999	4,89985378	2	0,78850888
174	180	3777,600098	4,396844332	2	0,77240527
180	159	3470,469971	3,203066901	2	0,7104865
162	170	23,219999	0,000309578	1	0,01166281
183	162	34,650002	0,000814702	1	0,01740364
159	128	3079,48999	19,85781941	1	1,59102233
128	140	970,169983	0,277925665	1	0,50119445
140	129	512,950012	0,11299551	1	0,26496242
128	153	1110,109985	0,39720109	1	0,57382742
153	155	451,309998	0,060155819	1	0,23319977
133	138	486	0,260291977	1	0,25139624
153	133	572,400024	0,237728788	1	0,29603052
201	189	5694,779785	10,23437138	3	0,57643601

## Solución #13 del Sistema2 Con Corrección de Jeconómica

**Solución 13**

NodOrigen	NodDestino	PotenciaLin (kVA)	PerdidasLin (kW)	Calibre	Jeconómica
67	65	895,119995	0,153181469	2	0,18296608
65	69	760,690002	0,271074176	1	0,39188668
69	58	697,350037	0,191383462	1	0,35929764
67	84	58,049999	0,000719894	1	0,02983284
67	92	23,219999	0,000331153	1	0,01193318
59	57	86,400002	0,00059988	1	0,04453972
64	70	478,420013	0,119523461	1	0,24656267
68	64	584,330017	0,077711259	1	0,30110983
58	68	641,890015	0,063983313	1	0,33074724
62	60	153,529999	0,018941256	1	0,07914298
70	62	288,529999	0,013823449	1	0,14871401
60	59	86,410004	0,002400068	1	0,04454473
66	63	165,720001	0,009014846	1	0,0851131
66	67	1090,119995	0,297758698	2	0,222739
63	61	79,32	0,002770567	1	0,04073991
1	16	86,410004	0,004675656	1	0,04338958
6	5	126,840004	0,004703935	1	0,06488294
2	6	183,589996	0,012721332	1	0,09391032
5	4	0,01	3,55E-10	1	5,06E-05
16	17	86,400002	0,006232765	1	0,04338456
1	13	74,870003	0,000658005	1	0,03758608
8	7	124,830002	0,010768685	1	0,06385406
2	8	124,839996	0,001656989	1	0,06385926
7	18	32,619999	0,000169698	1	0,01668624
13	15	0,01	1,78E-10	1	1,27E-05
85	90	23,219999	0,00037169	1	0,01184849
9	2	443,429993	0,154168139	1	0,22681181
87	88	1365,459961	0,435274088	2	0,27885554
88	66	1342,23999	0,564011816	2	0,27412846
19	50	913,799988	0,211650658	2	0,18572713
50	51	472	0,112658477	1	0,24176108
51	55	337	0,096745901	1	0,17265168
55	26	202	0,028246022	1	0,10350247
26	30	86,400002	0,005565432	1	0,04427364
46	39	107,18	0,007739604	1	0,05558826
50	53	306,799988	0,037572132	1	0,15712213
53	23	306,529999	0,050008068	1	0,15698394
23	28	220,130005	0,033531275	1	0,11274975
28	33	133,729996	0,014994252	1	0,06850205
20	46	242,179993	0,036351349	1	0,12559506

19	43	437,410004	0,020366402	1	0,22401841
43	24	437,410004	0,178206038	1	0,22401844
24	34	351,01001	0,114776307	1	0,17979716
34	37	135,009995	0,010675718	1	0,06917141
37	40	135	0,013827859	1	0,06916628
47	42	63,630001	0,002400713	1	0,03300454
49	47	160,089996	0,013814408	1	0,08303405
32	19	1364,709961	0,354050494	2	0,27737701
27	35	135	0,012106706	1	0,06903516
48	44	135	0,005879901	1	0,06985107
54	22	221,830002	0,027455193	1	0,1134235
22	27	135,429993	0,009259799	1	0,06925501
32	54	268,700012	0,02301695	1	0,13737793
20	49	545,51001	0,08021081	1	0,28297515
36	31	86,400002	0,005836826	1	0,04483148
41	36	172,800003	0,01489296	1	0,08965689
45	41	250,420013	0,011833835	1	0,12992016
49	45	385,420013	0,040042228	1	0,19994111
48	20	1871,869995	1,388351465	2	0,38578038
29	38	2093,280029	1,501013946	2	0,43124645
38	48	2093,27002	1,125749729	2	0,43124441
21	52	2633,280029	0,811789646	2	0,53935151
25	29	2363,280029	0,892339938	2	0,48444224
52	25	2498,280029	1,827516492	2	0,51192414
32	21	2849,280029	1,036131226	2	0,58319864
20	71	1083,619995	0,667005983	2	0,22350898
71	73	132,429993	0,002839397	1	0,0687712
71	75	270,01001	0,02952076	1	0,14027314
80	74	54	0,00181057	1	0,0280551
75	80	270	0,028534621	1	0,14026796
71	72	547,450012	0,218639077	1	0,28466736
72	79	169,869995	0,015587485	1	0,08829732
72	76	334,790009	0,06361403	1	0,17413226
76	77	279,959991	0,0296583	1	0,14562648
78	82	140,809998	0,035379504	1	0,0732643
79	81	23,219999	0,000291257	1	0,01206987
77	78	231,309998	0,008677512	1	0,12032827
82	89	5,81	3,02E-05	1	0,00302302
114	113	135	0,006192152	1	0,067902
111	114	164,940002	0,007821104	1	0,08295977
93	112	42,450001	0,000423024	1	0,02130898
105	94	434,940002	0,113695938	1	0,21872875
94	111	299,940002	0,021159305	1	0,15084907
93	110	656,340027	0,202561716	1	0,32996972
110	105	569,940002	0,152763139	1	0,28657285
83	109	0,01	1	1	0,5
106	102	78,959999	0,002479924	1	0,04029565

83	106	140	0,009355124	1	0,07144422
115	96	427,290009	0,057271333	1	0,21495692
95	100	290,559998	0,064014457	1	0,14620505
100	99	204,160004	0,01743855	1	0,10273959
99	101	185,820007	0,013543516	1	0,09351167
101	98	54	0,001067538	1	0,02717563
116	95	419,480011	0,098896491	1	0,21103246
96	116	419,490021	0,050600616	1	0,21103748
93	97	569,309998	0,093158589	1	0,28628561
97	115	498,300018	0,110319767	1	0,25062918
141	146	42,09	0,001380151	1	0,02176045
135	141	212,190002	0,026608509	1	0,10969607
152	131	329,430023	0,069947508	1	0,1702613
131	135	212,200012	0,049593259	1	0,10970123
148	56	123,160004	0,007741107	1	0,06366458
56	124	109,660004	0,008075215	1	0,05668706
123	126	54,830002	0,000630595	1	0,02766691
124	127	54,830002	0,000484518	1	0,02834381
118	199	222,550003	0,027268435	1	0,11228751
199	200	58,049999	0,000176649	1	0,02928183
199	157	164,5	0,004256996	1	0,08300499
157	123	164,490005	0,019863562	1	0,08299993
198	191	23,219999	5,59E-05	1	0,01158496
198	196	146,299988	0,01054445	1	0,07300358
158	198	169,519989	0,055137318	1	0,08458846
196	190	146,289993	0,001664689	1	0,07299875
158	160	530,799988	0,168075278	1	0,26494957
160	171	216,540009	0,029187503	1	0,10808506
171	187	186,309998	0,022507977	1	0,09299903
187	167	0,01	1	1	1,37E-05
178	175	54,830002	0,001432092	1	0,02792533
160	184	256,040009	0,061218783	1	0,12781813
184	163	160,080002	0,016619378	1	0,07992006
163	164	18,059999	7,62E-05	1	0,00901657
178	172	113,610001	0,010590469	1	0,05787021
159	178	168,449997	0,014269113	1	0,08580063
158	181	787,309998	0,450399292	1	0,39319865
181	185	354,450012	0,081528025	1	0,1770639
185	165	263,350006	0,028806434	1	0,13156922
165	169	221,959991	0,020463872	1	0,11089482
169	173	135	0,00473149	1	0,06745005
159	179	221,399994	0,015566521	1	0,1127589
179	176	135	0,007234893	1	0,06875831
161	168	23,219999	0,000293818	1	0,01159619
182	161	239,220001	0,034154525	1	0,1194651
181	182	374,220001	0,032702179	1	0,18686385
180	177	216	0,01970566	1	0,10973252

130	156	308,890015	0,025614832	1	0,15959003
129	130	377,950012	0,05751975	1	0,19525829
156	132	173,889999	0,025168215	1	0,08985334
132	139	38,889999	0,001177703	1	0,02009639
136	143	295,519989	0,060981225	1	0,15274045
143	147	178,070007	0,022143655	1	0,09204566
155	136	389,470001	0,093683894	1	0,201271
147	149	86,400002	0,001203039	1	0,04466145
138	142	351	0,05629967	1	0,18157996
128	150	912,809998	0,079855458	2	0,18706814
145	144	22,07	0,000117731	1	0,01140683
148	145	127,540001	0,006552763	1	0,06591813
151	134	109,620003	0,00676702	1	0,05657264
134	194	23,219999	3,61E-05	1	0,01198448
150	151	222,429993	0,019899818	1	0,11478433
189	188	69,659996	0,002502094	1	0,03456275
188	197	46,439999	0,001668102	1	0,02304238
197	195	23,219999	0,00013901	1	0,0115213
188	192	23,219999	8,90E-05	1	0,01152039
137	148	307	0,088594099	1	0,15867792
154	137	339,380005	0,089701647	1	0,1754019
137	193	23,219999	5,06E-05	1	0,01199249
150	154	555,380005	0,157312443	1	0,28690449
117	83	5045,129883	2,973810084	2	1,03125558
123	125	54,830002	0,000630595	1	0,02766691
201	91	2643,370117	7,845974012	2	0,53686536
91	1	2620,149902	6,761189506	2	0,53227178
91	86	23,219999	6,15E-05	1	0,01157602
1	12	2458,870117	1,771055279	1	1,26014918
3	11	2404,030029	3,541323365	1	1,23258245
11	14	2317,630127	5,15450361	1	1,18893562
14	10	2238,870117	6,081784101	1	1,14897035
12	3	2404,040039	2,386563687	1	1,23258748
10	85	136,759995	0,005950734	1	0,06978279
10	9	1967,109985	1,652286855	1	1,01031067
9	87	1388,680054	1,933399525	1	0,71450663
83	32	4533,089844	2,512513248	2	0,92754355
201	122	6917,700195	1,768078351	3	0,70268365
119	93	6917,680176	27,17773546	3	0,70268169
122	119	6917,689941	31,57273817	3	0,7026827
118	120	88,449997	0,000717549	1	0,04460706
93	118	5629,930176	9,742909221	2	1,14843328
118	121	5318,930176	4,202733771	2	1,08616967
121	117	5045,140137	14,86910904	2	1,03125755
103	104	216	0,021036027	1	0,11025014
83	103	302,399994	0,019250574	2	0,0612562
108	107	42,099998	0,000798891	1	0,021482

83	108	66,279999	0,000600959	2	0,0134226
140	152	396,490021	0,10552934	1	0,2048892
189	158	5625,120117	16,64763279	3	0,56955911
158	183	4134,569824	11,23948446	2	0,84380577
183	186	4028,919922	2,066898381	2	0,822749
186	166	4028,909912	4,994979906	2	0,822747
166	174	3857,73999	4,899610979	2	0,78846981
174	180	3777,600098	4,396621918	2	0,7723662
180	159	3470,469971	3,202890796	2	0,71044743
162	170	23,219999	0,000309578	1	0,0116628
183	162	34,650002	0,000814701	1	0,01740363
159	128	3079,48999	19,85659143	1	1,59092394
128	140	970,169983	0,277925335	1	0,50119385
140	129	512,950012	0,112995376	1	0,2649621
128	153	1110,109985	0,397200618	1	0,57382673
153	155	451,309998	0,060155748	1	0,2331995
133	138	486	0,260291668	1	0,25139594
153	133	572,400024	0,237728505	1	0,29603017
201	189	5694,779785	10,23402549	3	0,57641653

#### 6.4.2.3 Comparación contra referencias

Comparación entre las soluciones obtenidas sin corrección de Jeconómica, la Solución #1 con corrección de Jeconómica y la reportada en {24} para el caso Sistema2.

#### Comparación vs referencia lineal

Línea		Solución 1 = Sin Corrección		Solución Ref. lineal	
NodOrigen	NodDestino	PotenciaLin (kVA)	Calibre	PotenciaLin (kVA)	Calibre
67	65	895,119995	1	895,12	1
65	69	760,690002	1	760,69	1
69	58	697,350037	1	697,35	1
67	84	58,049999	1	58,05	1
67	92	23,219999	1	23,22	1
59	57	86,400002	1	86,40	1
64	70	478,420013	1	478,42	1
68	64	584,330017	1	584,33	1
58	68	641,890015	1	641,89	1
62	60	153,529999	1	153,53	1
70	62	288,529999	1	288,53	1



60	59	86,410004	1	86,41	1
66	63	165,720001	1	165,72	1
66	67	1090,119995	1	1.090,12	1
63	61	79,32	1	79,32	1
1	16	86,410004	1	86,41	1
6	5	126,840004	1	126,84	1
2	6	183,589996	1	183,59	1
5	4	0,01	1	0,01	1
16	17	86,400002	1	86,40	1
1	13	74,870003	1	74,87	1
8	7	124,830002	1	124,83	1
2	8	124,839996	1	124,84	1
7	18	32,619999	1	32,62	1
13	15	0,01	1	0,01	1
85	90	23,219999	1	23,22	1
9	2	443,429993	1	443,43	1
87	88	1365,459961	1	1.365,46	1
88	66	1342,23999	1	1.342,24	1
19	50	913,799988	1	913,80	1
50	51	472	1	472,00	1
51	55	337	1	337,00	1
55	26	202	1	202,00	1
26	30	86,400002	1	86,40	1
46	39	107,18	1	107,18	1
50	53	306,799988	1	306,80	1
53	23	306,529999	1	306,53	1
23	28	220,130005	1	220,13	1
28	33	133,729996	1	133,73	1
20	46	242,179993	1	242,18	1
19	43	437,410004	1	437,41	1
43	24	437,410004	1	437,41	1
24	34	351,01001	1	351,01	1
34	37	135,009995	1	135,01	1
37	40	135	1	135,00	1
47	42	63,630001	1	63,63	1
49	47	160,089996	1	160,09	1
32	19	1364,709961	1	1.364,71	1
27	35	135	1	135,00	1
48	44	135	1	135,00	1
54	22	221,830002	1	221,83	1
22	27	135,429993	1	135,43	1
32	54	268,700012	1	268,70	1
20	49	545,51001	1	545,51	1
36	31	86,400002	1	86,40	1
41	36	172,800003	1	172,80	1
45	41	250,420013	1	250,42	1
49	45	385,420013	1	385,42	1

48	20	1871,869995	1	1.871,87	1
29	38	2093,280029	1	2.093,28	1
38	48	2093,27002	1	2.093,27	1
21	52	2633,280029	1	2.633,28	1
25	29	2363,280029	1	2.363,28	1
52	25	2498,280029	1	2.498,28	1
32	21	2849,280029	1	2.849,28	1
20	71	1083,619995	1	1.083,62	1
71	73	132,429993	1	132,43	1
71	75	270,01001	1	270,01	1
80	74	54	1	54,00	1
75	80	270	1	270,00	1
71	72	547,450012	1	547,45	1
72	79	169,869995	1	169,87	1
72	76	334,790009	1	334,79	1
76	77	279,959991	1	279,96	1
78	82	140,809998	1	140,81	1
79	81	23,219999	1	23,22	1
77	78	231,309998	1	231,31	1
82	89	5,81	1	5,81	1
114	113	135	1	135,00	1
111	114	164,940002	1	164,94	1
93	112	42,450001	1	42,45	1
105	94	434,940002	1	434,94	1
94	111	299,940002	1	299,94	1
93	110	656,340027	1	656,34	1
110	105	569,940002	1	569,94	1
83	109	0,01	1	0,01	1
106	102	78,959999	1	78,96	1
83	106	140	1	140,00	1
115	96	427,290009	1	427,29	1
95	100	290,559998	1	290,56	1
100	99	204,160004	1	204,16	1
99	101	185,820007	1	185,82	1
101	98	54	1	54,00	1
116	95	419,480011	1	419,48	1
96	116	419,490021	1	419,49	1
93	97	569,309998	1	569,31	1
97	115	498,300018	1	498,30	1
141	146	42,09	1	42,09	1
135	141	212,190002	1	212,19	1
152	131	329,430023	1	329,43	1
131	135	212,200012	1	212,20	1
148	56	123,160004	1	123,16	1
56	124	109,660004	1	109,66	1
123	126	54,830002	1	54,83	1
124	127	54,830002	1	54,83	1

118	199	222,550003	1	222,55	1
199	200	58,049999	1	58,05	1
199	157	164,5	1	164,50	1
157	123	164,490005	1	164,49	1
198	191	23,219999	1	23,22	1
198	196	146,299988	1	146,30	1
158	198	169,519989	1	169,52	1
196	190	146,289993	1	146,29	1
158	160	530,799988	1	530,80	1
160	171	216,540009	1	216,54	1
171	187	186,309998	1	186,31	1
187	167	0,01	1	0,01	1
178	175	54,830002	1	54,83	1
160	184	256,040009	1	256,04	1
184	163	160,080002	1	160,08	1
163	164	18,059999	1	18,06	1
178	172	113,610001	1	113,61	1
159	178	168,449997	1	168,45	1
158	181	787,309998	1	787,31	1
181	185	354,450012	1	354,45	1
185	165	263,350006	1	263,35	1
165	169	221,959991	1	221,96	1
169	173	135	1	135,00	1
159	179	221,399994	1	221,40	1
179	176	135	1	135,00	1
161	168	23,219999	1	23,22	1
182	161	239,220001	1	239,22	1
181	182	374,220001	1	374,22	1
180	177	216	1	216,00	1
130	156	308,890015	1	308,89	1
129	130	377,950012	1	377,95	1
156	132	173,889999	1	173,89	1
132	139	38,889999	1	38,89	1
136	143	295,519989	1	295,52	1
143	147	178,070007	1	178,07	1
155	136	389,470001	1	389,47	1
147	149	86,400002	1	86,40	1
138	142	351	1	351,00	1
128	150	912,809998	1	912,81	1
145	144	22,07	1	22,07	1
148	145	127,540001	1	127,54	1
151	134	109,620003	1	109,62	1
134	194	23,219999	1	23,22	1
150	151	222,429993	1	222,43	1
189	188	69,659996	1	69,66	1
188	197	46,439999	1	46,44	1
197	195	23,219999	1	23,22	1

188	192	23,219999	1	23,22	1
137	148	307	1	307,00	1
154	137	339,380005	1	339,38	1
137	193	23,219999	1	23,22	1
150	154	555,380005	1	555,38	1
117	83	5045,129883	2	5.045,13	2
123	125	54,830002	1	54,83	1
201	91	2643,370117	2	2.643,37	2
91	1	2620,149902	2	2.620,15	2
91	86	23,219999	1	23,22	1
1	12	2458,870117	1	2.458,87	1
3	11	2404,030029	1	2.404,03	1
11	14	2317,630127	1	2.317,63	1
14	10	2238,870117	1	2.238,87	1
12	3	2404,040039	1	2.404,04	1
10	85	136,759995	1	136,76	1
10	9	1967,109985	1	1.967,11	1
9	87	1388,680054	1	1.388,68	1
83	32	4533,089844	2	4.533,09	2
201	122	6917,700195	3	6.917,70	3
119	93	6917,680176	3	6.917,68	3
122	119	6917,689941	3	6.917,69	3
118	120	88,449997	1	88,45	1
93	118	5629,930176	2	5.629,93	2
118	121	5318,930176	2	5.318,93	2
121	117	5045,140137	2	5.045,14	2
103	104	216	1	216,00	1
83	103	302,399994	2	302,40	2
108	107	42,099998	1	42,10	1
83	108	66,279999	2	66,28	2
140	152	396,490021	1	396,49	1
189	158	5625,120117	3	5.625,12	3
158	183	4134,569824	2	4.134,57	2
183	186	4028,919922	2	4.028,92	2
186	166	4028,909912	2	4.028,91	2
166	174	3857,73999	2	3.857,74	2
174	180	3777,600098	2	3.777,60	2
180	159	3470,469971	2	3.470,47	2
162	170	23,219999	1	23,22	1
183	162	34,650002	1	34,65	1
159	128	3079,48999	1	3.079,49	1
128	140	970,169983	1	970,17	1
140	129	512,950012	1	512,95	1
128	153	1110,109985	1	1.110,11	1
153	155	451,309998	1	451,31	1
133	138	486	1	486,00	1
153	133	572,400024	1	572,40	1

201	189	5694,779785	3	5.694,78	3
-----	-----	-------------	---	----------	---

#### 6.4.2.4 Expansión de la red – Generación distribuida

A continuación son presentadas las soluciones halladas considerando la red inicial y las doce posibles simulaciones para diferentes puntos de conexión del nuevo centro de generación.

Solución 1 - Inicial						
Nodo	Tensión (kV)	Ángulo	Pgenerada (kW)	Qgenerada (kVAr)	Pload (kW)	Qload (kVAr)
201	10	0	12428,88471	9263,18485	0	0
1	9,925912529	-0,000811255	5,15E-09	5,06E-09	0	0
2	9,83572557	0,002087273	-2,31E-09	3,42E-09	108	81
3	9,909022668	-0,000257349	7,59E-10	3,65E-11	0,008	0,006
4	10	1,11E-17	0,008	0,006	0,008	0,006
5	9,835161603	0,002081151	-1,07E-10	-2,58E-10	101,464	76,098
6	9,835358209	0,002083285	-4,84E-10	2,83E-09	45,4	34,05
7	9,835197824	0,002081544	-2,96E-11	3,33E-10	73,768	55,326
8	9,835655199	0,002086509	-2,08E-09	9,25E-10	0,008	0,006
9	9,837568932	0,002107281	3,01E-12	-4,22E-11	108	81
10	9,845836227	0,00183192	1,07E-09	1,35E-10	108	81
11	9,894502096	0,000220407	1,44E-10	1,52E-10	69,12	51,84
12	9,918809584	-0,000578527	8,39E-10	1,85E-10	43,864	32,898
13	9,92586549	-0,000811761	-1,25E-09	-2,28E-10	59,888	44,916
14	9,872589009	0,000944021	5,68E-10	4,89E-11	63,008	47,256
15	10	7,81E-17	0,008	0,006	0,008	0,006
16	9,925622929	-0,00081437	4,04E-10	1,10E-09	0,008	0,006
17	9,925236841	-0,000818524	1,44E-10	-6,96E-11	69,12	51,84
18	9,835170242	0,002081244	8,57E-10	-7,78E-10	26,096	19,572
19	9,834979421	0,003539978	-2,22E-09	9,11E-10	10,8	8,1
20	9,788334533	0,003033832	1,12E-09	-4,45E-10	0,448	0,336
21	9,833604198	0,003525246	7,15E-10	3,20E-09	172,8	129,6
22	9,837332287	0,003565496	1,44E-10	6,41E-10	69,12	51,84
23	9,830373739	0,003489976	-2,11E-10	-4,25E-10	69,12	51,84
24	9,832574365	0,00351387	-3,36E-11	-2,47E-10	69,12	51,84
25	9,819775561	0,003375552	8,91E-10	9,35E-10	108	81
26	9,82836112	0,003468115	1,43E-09	5,37E-10	92,48	69,36
27	9,836969717	0,003561561	3,14E-10	-3,07E-11	0,344	0,258
28	9,829566694	0,00348121	1,44E-10	-4,25E-10	69,12	51,84
29	9,814755234	0,003321116	-5,27E-10	-2,62E-10	216	162
30	9,828019951	0,003464408	1,44E-10	-4,25E-10	69,12	51,84
31	9,785960241	0,00300793	1,44E-10	-6,96E-11	69,12	51,84
32	9,838442963	0,003577551	9,72E-10	2,59E-09	40,32	30,24
33	9,828972683	0,003474757	7,56E-10	2,12E-10	106,984	80,238
34	9,830842249	0,003495059	-1,73E-10	1,81E-10	172,8	129,6
35	9,836494166	0,003556399	-1,75E-10	-4,86E-10	108	81
36	9,786315113	0,003011802	-5,67E-10	6,41E-10	69,12	51,84
37	9,830423451	0,003490511	7,59E-10	2,14E-10	0,008	0,006
38	9,805265392	0,003218101	4,04E-10	1,10E-09	0,008	0,006

39	9,787166285	0,003021087	-7,64E-11	3,15E-11	85,744	64,308
40	9,829880959	0,003484618	-1,75E-10	-1,31E-10	108	81
41	9,786767872	0,003016742	-2,04E-09	5,99E-10	62,096	46,572
42	9,786910306	0,003018295	-7,38E-11	2,11E-10	50,904	38,178
43	9,834732749	0,0035373	2,84E-09	-1,78E-09	0	0
44	9,79791895	0,003138212	-8,85E-10	-8,42E-10	108	81
45	9,787016134	0,00301945	2,67E-09	-1,55E-09	108	81
46	9,787545739	0,003025227	-1,75E-10	2,24E-10	108	81
47	9,787108551	0,003020458	7,39E-10	3,76E-10	77,168	57,876
48	9,798148113	0,00314071	8,55E-10	-1,49E-09	69,12	51,84
49	9,787561977	0,003025405	-3,55E-10	1,78E-09	0	0
50	9,831887077	0,003506411	5,36E-10	1,29E-09	108	81
51	9,830622505	0,003492678	-1,06E-09	-3,09E-10	108	81
52	9,829503571	0,003480895	2,67E-09	1,29E-09	108	81
53	9,831238177	0,003499364	2,02E-09	-6,14E-10	0,216	0,162
54	9,837988656	0,00357262	-9,14E-10	-8,63E-10	37,496	28,122
55	9,829101771	0,003476161	-1,42E-09	-1,31E-10	108	81
56	9,786431283	0,003364232	1,33E-09	-5,10E-10	10,8	8,1
57	9,801155806	0,002317095	2,28E-09	5,26E-09	69,12	51,84
58	9,804791246	0,002356691	-1,78E-09	3,28E-09	44,368	33,276
59	9,80119246	0,002317495	4,31E-09	3,77E-09	0,008	0,006
60	9,801339093	0,002319092	1,97E-10	-7,41E-10	53,696	40,272
61	9,813564742	0,00245214	-1,73E-10	4,03E-10	63,456	47,592
62	9,801990417	0,002326188	-8,85E-10	-6,64E-10	108	81
63	9,813749585	0,002454152	-5,67E-10	-4,25E-10	69,12	51,84
64	9,803562543	0,002343311	-9,22E-10	-1,22E-09	84,728	63,546
65	9,808122835	0,002392954	1,32E-09	9,98E-11	107,544	80,658
66	9,814037466	0,002457284	8,55E-10	2,86E-10	69,12	51,84
67	9,810400724	0,002417737	-4,82E-09	-2,91E-09	90,984	68,238
68	9,804264838	0,002350959	-1,52E-09	-3,98E-09	46,048	34,536
69	9,806240666	0,00237247	2,93E-10	-1,02E-09	50,672	38,004
70	9,802243376	0,002328943	-2,24E-09	-8,81E-10	151,912	113,934
71	9,780193767	0,002945043	-1,55E-09	-2,45E-09	106,984	80,238
72	9,778098287	0,002922168	2,34E-09	2,46E-10	34,232	25,674
73	9,780081162	0,002943814	-2,01E-09	9,78E-10	105,944	79,458
74	9,778888818	0,002930795	3,56E-10	4,45E-10	43,2	32,4
75	9,779619732	0,002938776	7,59E-10	-1,41E-10	0,008	0,006
76	9,777101513	0,002911284	-5,82E-10	-2,59E-10	43,864	32,898
77	9,776545814	0,002905215	6,35E-10	2,07E-09	38,92	29,19
78	9,77634904	0,002903066	1,60E-09	3,87E-09	72,4	54,3
79	9,777616697	0,002916909	3,35E-10	2,51E-10	117,32	87,99
80	9,779064851	0,002932718	-1,06E-09	-7,07E-10	172,8	129,6
81	9,777550867	0,00291619	-8,12E-11	1,17E-10	18,576	13,932
82	9,775031321	0,002888673	-8,58E-11	-2,20E-10	108	81
83	9,845810008	0,003657199	-1,48E-09	3,14E-10	2,68	2,01
84	9,810335113	0,002417023	8,63E-10	1,14E-10	46,44	34,83
85	9,845406501	0,001846243	6,48E-10	3,08E-10	90,832	68,124
86	9,960338376	-0,000431584	2,05E-09	1,17E-10	18,576	13,932
87	9,823879507	0,002564181	-2,59E-10	2,50E-10	18,576	13,932
88	9,819633824	0,002518093	2,74E-10	-4,16E-10	18,576	13,932
89	9,775004053	0,002888376	1,82E-10	2,25E-10	4,648	3,486
90	9,845321511	0,001845321	-8,12E-11	-2,39E-10	18,576	13,932
91	9,96036482	-0,000432456	-1,33E-09	-8,88E-11	0	0
92	9,810325272	0,002416916	-4,36E-10	4,72E-10	18,576	13,932

93	9,926409936	0,004521452	3,52E-09	1,73E-09	15,72	11,79
94	9,921929119	0,00447325	8,91E-10	9,35E-10	108	81
95	9,921730601	0,004471119	-6,03E-10	8,05E-11	103,136	77,352
96	9,92363531	0,004491612	-4,46E-10	2,09E-11	6,24	4,68
97	9,925535108	0,004512045	2,41E-09	1,22E-10	56,808	42,606
98	9,919601811	0,004448208	-3,54E-10	8,97E-11	43,2	32,4
99	9,92009689	0,004453537	-1,78E-09	-2,70E-10	14,672	11,004
100	9,9205533	0,004458449	1,21E-09	9,96E-10	69,12	51,84
101	9,919707442	0,004449345	2,13E-09	7,08E-10	105,456	79,092
102	9,845288513	0,003651543	1,63E-09	5,12E-10	63,168	47,376
103	9,844958497	0,003647962	1,21E-09	1,08E-10	69,12	51,84
104	9,843996848	0,003680016	4,81E-12	2,70E-10	172,8	129,6
105	9,923326593	0,004488288	-1,75E-10	-1,31E-10	108	81
106	9,84545525	0,003653351	-9,42E-10	-1,74E-10	48,832	36,624
107	9,845501309	0,003662129	5,29E-11	3,97E-11	33,68	25,26
108	9,845688712	0,003655883	2,10E-09	-5,57E-10	19,344	14,508
109	10	1,66E-17	0,008	0,006	0,008	0,006
110	9,924759671	0,004503704	1,44E-10	-7,80E-10	69,12	51,84
111	9,921552006	0,004469192	-8,85E-10	-2,26E-09	108	81
112	9,926356591	0,004520878	3,34E-10	7,83E-10	33,96	25,47
113	9,92105336	0,004463825	-1,75E-10	-8,42E-10	108	81
114	9,921298538	0,004466464	2,04E-09	-6,03E-10	23,952	17,964
115	9,924351672	0,004499318	2,80E-10	1,19E-09	56,808	42,606
116	9,922990628	0,004484677	-1,73E-09	-1,21E-09	0,008	0,006
117	9,853649764	0,00374186	-8,40E-10	-1,92E-09	0,008	0,006
118	9,903365132	0,004275645	3,91E-09	-1,42E-09	0	0
119	9,959432662	0,002482687	9,37E-10	-7,94E-12	0,008	0,006
120	9,903284544	0,004278316	-2,68E-09	1,23E-10	70,76	53,07
121	9,892849672	0,004163155	1,02E-09	2,36E-10	219,032	164,274
122	9,997847157	0,000131152	-1,01E-08	-1,63E-10	0,008	0,006
123	9,901928141	0,004260151	-2,71E-09	-2,59E-10	43,864	32,898
124	9,786043003	0,003359995	2,97E-09	-9,69E-10	43,864	32,898
125	9,901866743	0,004259489	1,29E-10	-6,14E-10	43,864	32,898
126	9,901866743	0,004259489	-4,13E-09	-6,14E-10	43,864	32,898
127	9,785996409	0,003359487	1,55E-09	8,07E-10	43,864	32,898
128	9,79233578	0,003428623	-1,19E-09	-4,47E-10	69,12	51,84
129	9,787362237	0,0035953	-1,75E-10	-4,22E-11	108	81
130	9,786559281	0,00358654	3,92E-10	2,94E-10	55,248	41,436
131	9,785792781	0,003598153	-5,96E-10	-2,70E-10	93,784	70,338
132	9,785358255	0,003573435	-5,30E-10	-1,31E-10	108	81
133	9,784750792	0,003682728	1,44E-10	1,92E-11	69,12	51,84
134	9,79037437	0,003407237	-6,61E-09	-3,62E-09	69,12	51,84
135	9,784560293	0,003584705	-1,29E-10	-1,41E-10	0,008	0,006
136	9,786248335	0,00357622	2,59E-10	-7,83E-10	75,16	56,37
137	9,788284472	0,003384448	2,79E-09	5,51E-09	7,328	5,496
138	9,779497577	0,00385891	-7,08E-10	-3,53E-10	108	81
139	9,785198509	0,003571692	7,79E-11	-4,74E-10	31,112	23,334
140	9,789524286	0,003522822	-3,18E-10	2,06E-10	48,584	36,438
141	9,78389899	0,003577488	-4,95E-11	1,38E-09	136,08	102,06
142	9,778651829	0,003849675	-5,25E-10	-1,27E-10	280,8	210,6
143	9,785159971	0,003564345	-2,37E-10	7,10E-10	93,96	70,47
144	9,786463632	0,003364584	7,22E-10	8,91E-12	17,656	13,242
145	9,786491762	0,003364891	-2,35E-09	7,24E-10	84,376	63,282
146	9,783726073	0,003575601	3,60E-10	1,81E-10	33,672	25,254

147	9,784504142	0,003557188	1,25E-09	-3,77E-09	73,336	55,002
148	9,786762703	0,003367848	-1,07E-09	6,61E-10	45,04	33,78
149	9,784430709	0,003556386	-1,99E-09	-4,25E-10	69,12	51,84
150	9,791172587	0,003415942	-8,85E-10	1,29E-09	108	81
151	9,790700261	0,003410791	-1,13E-09	-5,77E-10	90,248	67,686
152	9,786912728	0,003610371	2,60E-10	9,95E-10	53,648	40,236
153	9,788825044	0,003546212	-1,63E-09	2,86E-10	69,12	51,84
154	9,789678332	0,003399649	-7,06E-10	-7,07E-10	172,8	129,6
155	9,787517157	0,003590061	4,60E-10	9,67E-10	49,472	37,104
156	9,786121782	0,003581767	-1,60E-09	-1,31E-10	108	81
157	9,902572819	0,004267103	-1,73E-09	2,14E-10	0,008	0,006
158	9,959881343	0,002459032	-1,61E-09	-6,77E-10	2,336	1,752
159	9,85563909	0,001322511	2,30E-09	-6,76E-10	0,904	0,678
160	9,958181958	0,002440815	-6,20E-10	2,36E-11	46,576	34,932
161	9,955577401	0,002412889	7,15E-10	-7,07E-10	172,8	129,6
162	9,92342732	0,002074844	-2,05E-10	-6,51E-11	9,144	6,858
163	9,956341734	0,002421082	-1,57E-09	-1,89E-09	113,616	85,212
164	9,956319107	0,00242084	-3,00E-10	1,30E-10	14,448	10,836
165	9,954991833	0,00240661	1,57E-09	4,70E-10	33,112	24,834
166	9,900315304	0,001812893	-1,76E-10	-4,34E-11	136,936	102,702
167	10	1,50E-17	0,008	0,006	0,008	0,006
168	9,955509514	0,002412161	-8,12E-11	1,17E-10	18,576	13,932
169	9,954497359	0,002401306	-6,86E-10	1,26E-09	69,568	52,176
170	9,923294607	0,002079233	9,64E-11	2,79E-11	18,576	13,932
171	9,957458574	0,002433059	2,50E-10	-4,34E-10	24,184	18,138
172	9,854693623	0,001312267	2,77E-10	2,08E-10	90,888	68,166
173	9,95430939	0,00239929	-8,85E-10	-1,31E-10	108	81
174	9,883406682	0,001627928	-4,49E-10	-1,59E-10	64,112	48,084
175	9,855050156	0,00131613	8,39E-10	8,07E-10	43,864	32,898
176	9,854980647	0,001315377	-1,75E-10	-1,31E-10	108	81
177	9,867429716	0,001452601	3,60E-10	3,59E-10	172,8	129,6
178	9,855188958	0,001317634	-2,44E-09	-1,38E-09	0,008	0,006
179	9,855265442	0,001318463	8,55E-10	-1,14E-09	69,12	51,84
180	9,867915154	0,001457854	-1,73E-09	6,58E-10	72,904	54,678
181	9,956812262	0,002426133	5,34E-10	1,38E-09	46,912	35,184
182	9,95634339	0,002421105	-1,24E-09	5,80E-10	108	81
183	9,923661367	0,002067105	9,42E-10	8,84E-10	56,8	42,6
184	9,956898844	0,002427057	-4,49E-10	-2,58E-11	76,768	57,576
185	9,95557851	0,002412902	-9,73E-11	-6,95E-10	72,88	54,66
186	9,916828295	0,001992825	4,04E-10	-4,96E-10	0,008	0,006
187	9,956810244	0,002426106	2,00E-10	4,16E-10	149,04	111,78
188	9,984640836	0,000924775	-2,13E-09	-1,07E-09	0	0
189	9,984834234	0,000926844	1,42E-09	5,11E-10	0	0
190	9,957687309	0,00243551	5,31E-12	-2,13E-09	117,032	87,774
191	9,958122371	0,002440175	-2,21E-09	-1,66E-09	18,576	13,932
192	9,984620207	0,000924555	2,05E-09	-2,39E-10	18,576	13,932
193	9,788272964	0,003384323	6,29E-10	1,18E-09	18,576	13,932
194	9,790366152	0,003407147	6,31E-09	4,02E-09	18,576	13,932
195	9,984415204	0,000922362	6,29E-10	-2,39E-10	18,576	13,932
196	9,957748395	0,002436165	-2,08E-09	1,64E-09	0,008	0,006
197	9,984447438	0,000922707	2,05E-09	1,17E-10	18,576	13,932
198	9,958135298	0,002440313	-8,88E-11	7,11E-10	0	0
199	9,902710973	0,004268592	-2,49E-09	2,84E-09	0	0



200	9,902694723	0,004268417	1,52E-10	1,54E-09	46,44	34,83
-----	-------------	-------------	----------	----------	-------	-------

Solución 1 - Inicial							
NodOrigen	NodDestino	Pérdidas (kW)	Pérdidas (kVAr)	Resistencia	Reactancia	Calibre	Jeconomica
67	65	0,153059518	0,142555433	0,01836	0,0171	2	0,182820418
65	69	0,107485259	0,10010882	0,01785	0,016625	2	0,155389356
69	58	0,075882506	0,070674883	0,014994	0,013965	2	0,142459567
67	84	0,000285711	0,000266103	0,00816	0,0076	2	0,011840047
67	92	0,000131427	0,000122407	0,02346	0,02185	2	0,004736009
59	57	0,000237793	0,000221473	0,00306	0,00285	2	0,017655593
64	70	0,047384625	0,044132739	0,01989	0,018525	2	0,09774884
68	64	0,030810018	0,028695605	0,00867	0,008075	2	0,119380376
58	68	0,025368169	0,023627216	0,005916	0,00551	2	0,131135002
62	60	0,00750838	0,006993099	0,0306	0,0285	2	0,031372552
70	62	0,005480005	0,005103925	0,006324	0,00589	2	0,05895443
60	59	0,000951381	0,000886091	0,01224	0,0114	2	0,017657427
66	63	0,00357761	0,003332088	0,012546	0,011685	2	0,033777781
66	67	0,297563275	0,277142266	0,024072	0,02242	2	0,222592814
63	61	0,001099502	0,001024046	0,01683	0,015675	2	0,016167667
1	16	0,001855486	0,001728149	0,02448	0,0228	2	0,017218708
6	5	0,001865837	0,00173779	0,01122	0,01045	2	0,025736108
2	6	0,005046275	0,004699962	0,014484	0,01349	2	0,03725218
16	17	0,002473409	0,002303665	0,03264	0,0304	2	0,017216713
1	13	0,000261082	0,000243165	0,00459	0,004275	2	0,014915314
8	7	0,004272144	0,003978958	0,02652	0,0247	2	0,025332127
2	8	0,000657356	0,000612246	0,00408	0,0038	2	0,025334064
7	18	6,73225E-05	6,27011E-05	0,00612	0,0057	2	0,006619774
85	90	0,000147516	0,000137392	0,02652	0,0247	2	0,004702416
9	2	0,061160586	0,056963291	0,03009	0,028025	2	0,089979313
87	88	0,435041726	0,405185921	0,02244	0,0209	2	0,278706682
88	66	0,563705612	0,525019933	0,03009	0,028025	2	0,273979637
19	50	0,21156035	0,197041503	0,02448	0,0228	2	0,185647885
50	51	0,044689471	0,041622546	0,01938	0,01805	2	0,095902014
51	55	0,038373309	0,035739846	0,03264	0,0304	2	0,06848059
55	26	0,011202809	0,010433989	0,02652	0,0247	2	0,041050678
26	30	0,002207261	0,002055782	0,02856	0,0266	2	0,01755900

							6
46	39	0,003058114	0,002848244	0,0255	0,02375	2	0,021964334
50	53	0,01490514	0,013882237	0,0153	0,01425	2	0,062331498
53	23	0,019838561	0,018477092	0,0204	0,019	2	0,06227666
23	28	0,013301332	0,012388496	0,02652	0,0247	2	0,04472606
28	33	0,005947743	0,005539564	0,03213	0,029925	2	0,027172581
20	46	0,014363883	0,013378127	0,02346	0,02185	2	0,049627669
19	43	0,008077035	0,007522729	0,00408	0,0038	2	0,088842623
43	24	0,070674081	0,065823899	0,0357	0,03325	2	0,088842656
24	34	0,045515405	0,042391798	0,0357	0,03325	2	0,07129991
34	37	0,004233097	0,003942591	0,02244	0,0209	2	0,027427596
37	40	0,005482972	0,00510669	0,02907	0,027075	2	0,027425562
47	42	0,00094854	0,000883443	0,02244	0,0209	2	0,013040344
49	47	0,005458292	0,005083703	0,0204	0,019	2	0,032808071
32	19	0,353863182	0,329578454	0,01836	0,0171	2	0,277230259
27	35	0,00480316	0,004473531	0,0255	0,02375	2	0,027388699
48	44	0,002323706	0,002164236	0,01224	0,0114	2	0,027604784
54	22	0,010893073	0,010145509	0,02142	0,01995	2	0,045001704
22	27	0,003673692	0,003421576	0,01938	0,01805	2	0,027475931
32	54	0,00913249	0,008505751	0,01224	0,0114	2	0,054507767
20	49	0,031690746	0,029515893	0,0102	0,0095	2	0,111801558
36	31	0,002305784	0,002147545	0,02958	0,02755	2	0,017710265
41	36	0,005883513	0,005479742	0,01887	0,017575	2	0,035419248
45	41	0,004675158	0,004354312	0,00714	0,00665	2	0,051327172
49	45	0,015820035	0,014734347	0,0102	0,0095	2	0,078993489
48	20	1,382023431	1,287178686	0,03774	0,03515	2	0,384022011
29	38	1,494221478	1,391676867	0,03264	0,0304	2	0,429294954
38	48	1,120655425	1,0437477	0,02448	0,0228	2	0,429292915
21	52	0,811597329	0,755899473	0,01122	0,01045	2	0,53922373
25	29	0,892105139	0,830882237	0,0153	0,01425	2	0,484314771
52	25	1,827060873	1,701674343	0,02805	0,026125	2	0,511796516
32	21	1,035903801	0,964812364	0,01224	0,0114	2	0,583070628
20	71	0,66392967	0,618365869	0,05406	0,05035	2	0,222478125
71	73	0,001122119	0,001045112	0,00612	0,0057	2	0,027178119
71	75	0,011664326	0,010863831	0,0153	0,01425	2	0,055425119
80	74	0,000715379	0,000666285	0,02346	0,02185	2	0,01108492

							4
75	80	0,011274679	0,010500926	0,01479	0,013775	2	0,05542306 5
71	72	0,08635242	0,080426274	0,02754	0,02565	2	0,11243056 6
72	79	0,006157414	0,005734846	0,0204	0,019	2	0,03487946 3
72	76	0,025121573	0,023397543	0,02142	0,01995	2	0,06876590 5
76	77	0,011711774	0,010908026	0,01428	0,0133	2	0,05750648 3
78	82	0,013969308	0,01301063	0,06732	0,0627	2	0,02892781 2
79	81	0,000115053	0,000107157	0,0204	0,019	2	0,00476784 3
77	78	0,00342656	0,003191403	0,00612	0,0057	2	0,04751500 3
82	89	1,19281E-05	1,11092E-05	0,033762	0,031445	2	0,00119366 9
114	113	0,00245525	0,002286752	0,01326	0,01235	2	0,02692382 1
111	114	0,003101169	0,002888343	0,01122	0,01045	2	0,03289461 7
93	112	0,000167888	0,000156366	0,00918	0,00855	2	0,00845704 7
105	94	0,045085024	0,041990954	0,02346	0,02185	2	0,08673477 2
94	111	0,008390234	0,007814435	0,00918	0,00855	2	0,05981571 6
93	110	0,080335128	0,074821934	0,01836	0,0171	2	0,13086461 0,11364624 6
110	105	0,060581305	0,056423764	0,01836	0,0171	2	0,01599073 7
106	102	0,000984122	0,000916582	0,0153	0,01425	2	0,02835195 6
83	106	0,003712491	0,003457713	0,01836	0,0171	2	0,08522525 1
115	96	0,022706707	0,021148403	0,01224	0,0114	2	0,05796074 3
95	100	0,025377548	0,023635951	0,02958	0,02755	2	0,04072776 8
100	99	0,006912946	0,006438528	0,01632	0,0152	2	0,03706941 0,01077267 9
99	101	0,00536885	0,0050004	0,0153	0,01425	2	0,08366846 9
101	98	0,000423182	0,000394141	0,01428	0,0133	2	0,08367045 6
116	95	0,039209692	0,036518831	0,02193	0,020425	2	0,11352690 3
96	116	0,020061728	0,018684944	0,01122	0,01045	2	0,09937775 8
93	97	0,03694215	0,034406902	0,01122	0,01045	2	0,00863155 1
97	115	0,043743236	0,040741249	0,01734	0,01615	2	0,04351332 9
141	146	0,000547454	0,000509883	0,02958	0,02755	2	0,06754599 8
135	141	0,010554843	0,009830491	0,02244	0,0209	2	0,04351537 8
152	131	0,027749548	0,025845167	0,02448	0,0228	2	0,02524479 2
131	135	0,019672244	0,018322188	0,04182	0,03895	2	0,02247783 2
148	56	0,003069566	0,002858909	0,01938	0,01805	2	0,01097736 7
56	124	0,003202024	0,002982277	0,0255	0,02375	2	
123	126	0,000250201	0,000233032	0,00816	0,0076	2	

124	127	0,000192122	0,000178936	0,00612	0,0057	2	0,01123896 3
118	199	0,010819825	0,010077288	0,02142	0,01995	2	0,04455448 6
199	200	7,0105E-05	6,52932E-05	0,00204	0,0019	2	0,01162076 8
199	157	0,001689067	0,00157315	0,00612	0,0057	2	0,03293424 8
157	123	0,007881362	0,007340484	0,02856	0,0266	2	0,03293228 2
198	191	2,21888E-05	2,0664E-05	0,00408	0,0038	2	0,00459759 1
198	196	0,004183363	0,003896269	0,01938	0,01805	2	0,02896314 6
158	198	0,021875179	0,020373941	0,07548	0,0703	2	0,03355962 5
196	190	0,000660441	0,000615111	0,00306	0,00285	2	0,02896117 9
158	160	0,066669572	0,062094208	0,02346	0,02185	2	0,10509818 9
160	171	0,011577084	0,010782579	0,02448	0,0228	2	0,04287340 7
171	187	0,00892741	0,008314744	0,0255	0,02375	2	0,03688847 7
178	175	0,000568318	0,000529316	0,01836	0,0171	2	0,01108201 6
160	184	0,024282905	0,022616431	0,03672	0,0342	2	0,05070005 5
184	163	0,006591966	0,006139576	0,0255	0,02375	2	0,03169976 0,00357642
163	164	3,02059E-05	2,81318E-05	0,00918	0,00855	2	7
178	172	0,004202509	0,003914102	0,03162	0,02945	2	0,02296405 3
159	178	0,005662384	0,005273789	0,01938	0,01805	2	0,03404809 4
158	181	0,178619793	0,166361571	0,02856	0,0266	2	0,15593510 7
181	185	0,032328715	0,030110077	0,0255	0,02375	2	0,07021203 4
185	165	0,0114222	0,010638324	0,01632	0,0152	2	0,05216924 8
165	169	0,00811411	0,00755726	0,01632	0,0152	2	0,04397079 4
169	173	0,001876055	0,001747306	0,0102	0,0095	2	0,02674422 2
159	179	0,006177537	0,005753588	0,01224	0,0114	2	0,0447481
179	176	0,002871094	0,002674059	0,0153	0,01425	2	0,02728603 5
161	168	0,000116525	0,000108528	0,02142	0,01995	2	0,00459892 3
182	161	0,013545363	0,012615779	0,02346	0,02185	2	0,04737873 1
181	182	0,012970002	0,012079904	0,00918	0,00855	2	0,07411202 1
180	177	0,007820231	0,007283549	0,01632	0,0152	2	0,04354757 5
130	156	0,010163109	0,009465641	0,0102	0,0095	2	0,06331998 8
129	130	0,022822565	0,02125631	0,0153	0,01425	2	0,07747417 3
156	132	0,009985292	0,009300027	0,03162	0,02945	2	0,03564861
132	139	0,000467234	0,000435169	0,02958	0,02755	2	0,00797290 1
136	143	0,024190698	0,022530552	0,02652	0,0247	2	0,06059074 7
143	147	0,008783762	0,008180955	0,02652	0,0247	2	0,03651191 2

155	136	0,037165924	0,034615321	0,02346	0,02185	2	0,079847478
147	149	0,000477206	0,000444456	0,00612	0,0057	2	0,017715735
138	142	0,022341142	0,020807926	0,01734	0,01615	2	0,072055555
128	150	0,079823658	0,074345565	0,00918	0,00855	2	0,186993646
145	144	4,66862E-05	4,34831E-05	0,00918	0,00855	2	0,004523368
148	145	0,002598547	0,002420215	0,0153	0,01425	2	0,026140329
151	134	0,002685348	0,00250106	0,02142	0,01995	2	0,022449649
134	194	1,43444E-05	1,33582E-05	0,00255	0,002375	2	0,004755535
150	151	0,007897051	0,007355098	0,0153	0,01425	2	0,045551055
189	188	0,000992991	0,000924844	0,0204	0,019	2	0,013716705
188	197	0,000662002	0,00061657	0,0306	0,0285	2	0,009144584
197	195	5,5168E-05	5,13815E-05	0,0102	0,0095	2	0,004572386
188	192	3,53026E-05	3,28825E-05	0,006528	0,00608	2	0,004571752
137	148	0,035131919	0,032720905	0,0357	0,03325	2	0,062923601
154	137	0,035572256	0,033131023	0,02958	0,02755	2	0,069557711
137	193	2,00941E-05	1,87157E-05	0,00357	0,003325	2	0,004758362
150	154	0,062397478	0,058115299	0,01938	0,01805	2	0,113799751
117	83	2,966525221	2,762940156	0,01122	0,01045	2	1,02872934
123	125	0,000250202	0,000233031	0,00816	0,0076	2	0,010977429
201	91	7,843125648	7,304871927	0,108528	0,10108	2	0,536672487
91	1	6,75871353	6,294880248	0,095166	0,088635	2	0,532078896
91	86	6,14563E-05	2,08036E-05	0,011308	0,003828	1	0,01157629
1	12	1,770386721	0,599313793	0,02827	0,00957	1	1,259673483
3	11	3,539956513	1,198351038	0,05911	0,02001	1	1,232106704
11	14	5,15244117	1,744211602	0,09252	0,03132	1	1,188459896
14	10	6,079266522	2,057961819	0,116935	0,039585	1	1,148494726
12	3	2,385642544	0,807591055	0,039835	0,013485	1	1,232111736
10	85	0,005950679	0,002014432	0,03084	0,01044	1	0,069782144
10	9	1,651510462	0,559071635	0,04112	0,01392	1	1,009835936
9	87	1,932384384	0,654153469	0,096375	0,032625	1	0,71413147
83	32	2,505695263	2,333735784	0,01173	0,010925	2	0,92502656
201	122	1,764648118	0,164354482	0,00357	0,0003325	3	0,701320379
119	93	27,12500792	2,526348777	0,054876	0,005111	3	0,701318412
122	119	31,51148397	2,934893115	0,06375	0,0059375	3	0,701319425
118	120	0,000717525	0,000242898	0,008995	0,003045	1	0,044605561
93	118	9,721386061	9,054232115	0,02958	0,02755	2	1,14589625

							9
118	121	4,192957122	3,905205163	0,01428	0,0133	2	1,083642961
121	117	14,83268465	13,81475532	0,0561	0,05225	2	1,02873131
103	104	0,021035199	0,007120865	0,04369	0,01479	1	0,110245805
83	103	0,019249815	0,017928749	0,0204	0,019	2	0,061253782
108	107	0,00079886	0,000270431	0,04369	0,01479	1	0,021481163
83	108	0,000600934	0,000559692	0,01326	0,01235	2	0,013422065
140	152	0,105492206	0,035711369	0,06425	0,02175	1	0,204817104
189	158	16,64211737	1,550001128	0,051	0,00475	3	0,569371454
158	183	11,23703018	10,46586145	0,06324	0,0589	2	0,843621511
183	186	2,066435493	1,924621292	0,01224	0,0114	2	0,82256474
186	166	4,993861262	4,651145293	0,02958	0,02755	2	0,822562746
166	174	4,898466139	4,562296895	0,03162	0,02945	2	0,788285579
174	180	4,395573305	4,093916314	0,02958	0,02755	2	0,772181987
180	159	3,202077575	2,982327154	0,0255	0,02375	2	0,710267049
162	170	0,000309577	0,000104798	0,05654	0,01914	1	0,011662765
183	162	0,0008147	0,000275793	0,06682	0,02262	1	0,017403597
159	128	19,85121576	6,720061366	0,20046	0,06786	1	1,590493242
128	140	0,27785518	0,094059925	0,02827	0,00957	1	0,501067342
140	129	0,112972253	0,038243526	0,04112	0,01392	1	0,264907883
128	153	0,397120201	0,134433687	0,03084	0,01044	1	0,573710559
153	155	0,060133338	0,020356422	0,02827	0,00957	1	0,233112621
133	138	0,260261954	0,088104241	0,10537	0,03567	1	0,25136724
153	133	0,237705224	0,080468305	0,06939	0,02349	1	0,296001176
201	189	10,23066855	0,952856385	0,0306	0,00285	3	0,576228444

Solución 2						
Nodo	Tensión (kV)	Ángulo	Pgenerada (kW)	Qgenerada (kVAr)	Pload (kW)	Qload (kVAr)
201	10	0	11446,70024	8933,775479	0	0
202	9,840202692	0,004344023	950	312,2499	0	0
1	9,925912529	-0,000811255	6,22E-10	-1,87E-09	0	0
2	9,83572557	0,002087273	-8,85E-10	9,35E-10	108	81
3	9,909022668	-0,000257349	4,04E-10	3,65E-11	0,008	0,006
4	10	-1,40E-18	0,008	0,006	0,008	0,006
5	9,835161603	0,002081151	-1,07E-10	-2,58E-10	101,464	76,098
6	9,835358209	0,002083285	2,27E-10	7,03E-10	45,4	34,05
7	9,835197824	0,002081544	-3,85E-10	-1,09E-09	73,768	55,326
8	9,835655199	0,002086509	1,82E-09	-1,41E-10	0,008	0,006
9	9,837568932	0,002107281	-5,30E-10	-1,75E-10	108	81
10	9,845836227	0,00183192	9,80E-10	-4,22E-11	108	81

11	9,894502096	0,000220407	-3,89E-10	-1,58E-10	69,12	51,84
12	9,918809584	-0,000578527	1,55E-09	-3,48E-10	43,864	32,898
13	9,92586549	-0,000811761	-1,25E-09	-2,28E-10	59,888	44,916
14	9,872589009	0,000944021	2,13E-10	4,48E-12	63,008	47,256
15	10	1,27E-17	0,008	0,006	0,008	0,006
16	9,925622929	-0,00081437	4,04E-10	3,92E-10	0,008	0,006
17	9,925236841	-0,000818524	-2,11E-10	-4,25E-10	69,12	51,84
18	9,835170242	0,002081244	8,57E-10	6,43E-10	26,096	19,572
19	9,863184724	0,003963352	-8,85E-11	2,33E-09	10,8	8,1
20	9,837158073	0,00441476	2,01E-09	1,77E-10	0,448	0,336
21	9,863364982	0,004020691	4,81E-12	1,07E-09	172,8	129,6
22	9,86553085	0,003988725	8,55E-10	2,86E-10	69,12	51,84
23	9,858592227	0,003913636	4,99E-10	-6,96E-11	69,12	51,84
24	9,860786551	0,003937393	1,44E-10	4,63E-10	69,12	51,84
25	9,854553346	0,004103193	5,36E-10	-1,31E-10	108	81
26	9,856585371	0,0038919	7,16E-10	1,82E-10	92,48	69,36
27	9,865169317	0,003984812	3,14E-10	1,04E-09	0,344	0,258
28	9,857787493	0,00390492	8,55E-10	-2,47E-10	69,12	51,84
29	9,851486392	0,004139343	6,03E-12	-1,51E-09	216	162
30	9,856245179	0,003888214	1,44E-10	-6,96E-11	69,12	51,84
31	9,834795569	0,004389114	1,44E-10	6,41E-10	69,12	51,84
32	9,866638351	0,00400071	-9,36E-11	1,07E-10	40,32	30,24
33	9,857195182	0,003898504	4,56E-11	2,12E-10	106,984	80,238
34	9,859059393	0,003918691	-1,73E-10	-5,29E-10	172,8	129,6
35	9,864695126	0,003979679	5,36E-10	-4,86E-10	108	81
36	9,835148679	0,004392948	1,44E-10	6,41E-10	69,12	51,84
37	9,858641794	0,003914168	4,04E-10	2,14E-10	0,008	0,006
38	9,846159166	0,004229712	9,37E-10	1,28E-09	0,008	0,006
39	9,835995624	0,004402142	-7,64E-11	-3,24E-10	85,744	64,308
40	9,858100855	0,003908309	5,36E-10	-4,86E-10	108	81
41	9,83559919	0,004397839	-6,22E-10	-2,24E-09	62,096	46,572
42	9,835740916	0,004399377	2,81E-10	-1,44E-10	50,904	38,178
43	9,862938757	0,00396069	0	1,78E-10	0	0
44	9,841935695	0,004295079	-8,85E-10	-8,42E-10	108	81
45	9,83584622	0,004400521	1,96E-09	2,71E-09	108	81
46	9,836373195	0,004406241	1,81E-10	5,80E-10	108	81
47	9,835938177	0,004401519	1,45E-09	-3,34E-10	77,168	57,876
48	9,842163833	0,004297554	3,22E-10	-7,80E-10	69,12	51,84
49	9,836389352	0,004406417	2,13E-09	4,26E-09	0	0
50	9,860101233	0,003929977	8,91E-10	-1,31E-10	108	81
51	9,858840281	0,003916323	-5,30E-10	2,24E-10	108	81
52	9,860698273	0,004042634	-5,30E-10	5,80E-10	108	81
53	9,85945419	0,003922971	2,47E-10	9,64E-11	0,216	0,162
54	9,866185343	0,003995808	-2,03E-10	-8,63E-10	37,496	28,122
55	9,857323901	0,0038999	-1,75E-10	7,57E-10	108	81
56	9,786431283	0,003364232	9,77E-10	5,55E-10	10,8	8,1
57	9,801155806	0,002317095	-5,67E-10	2,42E-09	69,12	51,84
58	9,804791246	0,002356691	-1,78E-09	-6,26E-10	44,368	33,276
59	9,80119246	0,002317495	-1,37E-09	2,35E-09	0,008	0,006
60	9,801339093	0,002319092	1,97E-09	1,57E-09	53,696	40,272
61	9,813564742	0,00245214	-1,73E-10	4,03E-10	63,456	47,592
62	9,801990417	0,002326188	1,60E-09	-3,09E-10	108	81
63	9,813749585	0,002454152	4,99E-10	-7,80E-10	69,12	51,84
64	9,803562543	0,002343311	1,44E-10	5,52E-10	84,728	63,546

65	9,808122835	0,002392954	2,51E-10	-2,55E-10	107,544	80,658
66	9,814037466	0,002457284	-9,22E-10	9,96E-10	69,12	51,84
67	9,810400724	0,002417737	2,64E-09	1,71E-09	90,984	68,238
68	9,804264838	0,002350959	4,16E-09	-4,29E-10	46,048	34,536
69	9,806240666	0,00237247	-7,73E-10	-1,38E-09	50,672	38,004
70	9,802243376	0,002328943	-4,65E-10	-1,59E-09	151,912	113,934
71	9,829057796	0,004326852	-2,26E-09	2,34E-09	106,984	80,238
72	9,826972741	0,004304203	-5,00E-10	-1,53E-09	34,232	25,674
73	9,828945751	0,004325634	-5,91E-10	-1,86E-09	105,944	79,458
74	9,827759335	0,004312745	3,56E-10	4,45E-10	43,2	32,4
75	9,828486615	0,004320647	-6,62E-10	-4,96E-10	0,008	0,006
76	9,825980926	0,004293427	1,19E-09	1,87E-09	43,864	32,898
77	9,825427993	0,004287419	-1,50E-09	-7,67E-10	38,92	29,19
78	9,825232197	0,004285291	3,61E-10	-1,29E-10	72,4	54,3
79	9,826493546	0,004298996	-2,08E-11	2,51E-10	117,32	87,99
80	9,827934493	0,004314648	4,81E-12	-3,52E-10	172,8	129,6
81	9,826428044	0,004298284	-8,12E-11	1,17E-10	18,576	13,932
82	9,823921036	0,004271041	1,81E-10	-2,20E-10	108	81
83	9,872497372	0,004011001	-5,49E-11	-1,46E-09	2,68	2,01
84	9,810335113	0,002417023	-5,58E-10	8,25E-10	46,44	34,83
85	9,845406501	0,001846243	2,92E-10	1,30E-10	90,832	68,124
86	9,960338376	-0,000431584	6,29E-10	1,17E-10	18,576	13,932
87	9,823879507	0,002564181	9,64E-11	-7,71E-10	18,576	13,932
88	9,819633824	0,002518093	-8,12E-11	4,72E-10	18,576	13,932
89	9,823893904	0,004270746	4,01E-12	4,74E-11	4,648	3,486
90	9,845321511	0,001845321	-8,12E-11	1,17E-10	18,576	13,932
91	9,96036482	-0,000432456	8,88E-10	8,88E-11	0	0
92	9,810325272	0,002416916	2,74E-10	8,27E-10	18,576	13,932
93	9,938773908	0,004223291	3,17E-09	8,21E-10	15,72	11,79
94	9,93429867	0,004175209	-8,85E-10	-4,86E-10	108	81
95	9,9341004	0,004173083	-1,31E-09	-2,75E-10	103,136	77,352
96	9,936002737	0,004193525	2,65E-10	-1,40E-09	6,24	4,68
97	9,937900169	0,004213907	2,80E-10	-2,34E-10	56,808	42,606
98	9,931974262	0,004150229	-3,54E-10	8,00E-10	43,2	32,4
99	9,932468724	0,004155545	-1,78E-09	-6,25E-10	14,672	11,004
100	9,932924566	0,004160445	1,21E-09	-7,80E-10	69,12	51,84
101	9,932079761	0,004151363	1,42E-09	7,08E-10	105,456	79,092
102	9,871977286	0,004005376	2,09E-10	5,12E-10	63,168	47,376
103	9,871648163	0,004001814	1,57E-09	-3,36E-10	69,12	51,84
104	9,870689115	0,004033695	-3,50E-10	3,62E-12	172,8	129,6
105	9,935694404	0,004190209	8,91E-10	2,24E-10	108	81
106	9,872143573	0,004007174	8,34E-10	8,92E-10	48,832	36,624
107	9,872189507	0,004015905	7,63E-10	1,29E-10	33,68	25,26
108	9,872376403	0,004009692	1,03E-09	-7,35E-10	19,344	14,508
109	10	1,98E-17	0,008	0,006	0,008	0,006
110	9,937125697	0,004205587	-5,67E-10	2,86E-10	69,12	51,84
111	9,933922026	0,004171161	5,36E-10	-1,55E-09	108	81
112	9,938720629	0,004222718	3,34E-10	7,83E-10	33,96	25,47
113	9,933424001	0,004165807	5,36E-10	1,29E-09	108	81
114	9,933668875	0,00416844	2,04E-09	8,18E-10	23,952	17,964
115	9,936718206	0,004201211	6,36E-10	8,32E-10	56,808	42,606
116	9,935358858	0,004186607	-6,62E-10	-8,52E-10	0,008	0,006
117	9,878892462	0,00402938	-4,84E-10	-1,41E-10	0,008	0,006
118	9,919543332	0,004149898	1,78E-09	1,07E-09	0	0



119	9,966247401	0,002320271	1,29E-09	1,43E-11	0,008	0,006
120	9,919462876	0,004152559	1,58E-09	1,23E-10	70,76	53,07
121	9,91086804	0,004120921	4,92E-10	5,79E-11	219,032	164,274
122	9,998208739	0,000122651	-2,44E-09	3,25E-10	0,008	0,006
123	9,918108685	0,004134454	-9,37E-10	1,52E-09	43,864	32,898
124	9,786043003	0,003359995	1,19E-09	1,87E-09	43,864	32,898
125	9,918047388	0,004133794	-1,29E-09	9,65E-11	43,864	32,898
126	9,918047388	0,004133794	1,29E-10	8,07E-10	43,864	32,898
127	9,785996409	0,003359487	-1,29E-09	-6,14E-10	43,864	32,898
128	9,79233578	0,003428623	-1,54E-09	-8,91E-10	69,12	51,84
129	9,787362237	0,0035953	-5,30E-10	3,13E-10	108	81
130	9,786559281	0,00358654	3,92E-10	2,94E-10	55,248	41,436
131	9,785792781	0,003598153	-2,41E-10	4,41E-10	93,784	70,338
132	9,785358255	0,003573435	-1,75E-10	-6,64E-10	108	81
133	9,784750792	0,003682728	3,22E-10	1,08E-10	69,12	51,84
134	9,79037437	0,003407237	-3,05E-09	-4,25E-10	69,12	51,84
135	9,784560293	0,003584705	2,26E-10	7,47E-10	0,008	0,006
136	9,786248335	0,00357622	-9,63E-11	-4,27E-10	75,16	56,37
137	9,788284472	0,003384448	-2,72E-09	5,39E-10	7,328	5,496
138	9,779497577	0,00385891	-1,75E-10	3,13E-10	108	81
139	9,785198509	0,003571692	7,79E-11	-1,19E-10	31,112	23,334
140	9,789524286	0,003522822	2,15E-10	1,17E-10	48,584	36,438
141	9,78389899	0,003577488	-4,95E-11	6,73E-10	136,08	102,06
142	9,778651829	0,003849675	1,85E-10	-1,27E-10	280,8	210,6
143	9,785159971	0,003564345	-5,92E-10	-2,49E-13	93,96	70,47
144	9,786463632	0,003364584	-6,99E-10	8,91E-12	17,656	13,242
145	9,786491762	0,003364891	2,62E-09	-6,97E-10	84,376	63,282
146	9,783726073	0,003575601	4,29E-12	1,81E-10	33,672	25,254
147	9,784504142	0,003557188	1,61E-09	1,40E-10	73,336	55,002
148	9,786762703	0,003367848	-3,63E-10	-1,12E-09	45,04	33,78
149	9,784430709	0,003556386	-5,67E-10	-4,25E-10	69,12	51,84
150	9,791172587	0,003415942	-1,24E-09	-1,91E-09	108	81
151	9,790700261	0,003410791	6,51E-10	4,88E-10	90,248	67,686
152	9,786912728	0,003610371	2,60E-10	2,84E-10	53,648	40,236
153	9,788825044	0,003546212	-1,63E-09	-6,96E-11	69,12	51,84
154	9,789678332	0,003399649	-3,50E-10	3,59E-10	172,8	129,6
155	9,787517157	0,003590061	-2,50E-10	4,34E-10	49,472	37,104
156	9,786121782	0,003581767	-1,60E-09	-8,42E-10	108	81
157	9,918752312	0,004141383	1,11E-09	2,35E-09	0,008	0,006
158	9,959881343	0,002459032	-1,26E-09	3,23E-10	2,336	1,752
159	9,85563909	0,001322511	2,54E-10	-3,87E-10	0,904	0,678
160	9,958181958	0,002440815	9,79E-10	9,12E-10	46,576	34,932
161	9,955577401	0,002412889	3,60E-10	-1,06E-09	172,8	129,6
162	9,92342732	0,002074844	5,05E-10	2,37E-11	9,144	6,858
163	9,956341734	0,002421082	1,27E-09	-1,89E-09	113,616	85,212
164	9,956319107	0,00242084	-3,00E-10	1,30E-10	14,448	10,836
165	9,954991833	0,00240661	1,54E-10	4,70E-10	33,112	24,834
166	9,900315304	0,001812893	-1,76E-10	-2,21E-10	136,936	102,702
167	10	-2,85E-17	0,008	0,006	0,008	0,006
168	9,955509514	0,002412161	-4,36E-10	4,72E-10	18,576	13,932
169	9,954497359	0,002401306	-6,86E-10	1,96E-10	69,568	52,176
170	9,923294607	0,002079233	-8,12E-11	1,17E-10	18,576	13,932
171	9,957458574	0,002433059	-1,05E-10	2,77E-10	24,184	18,138
172	9,854693623	0,001312267	-7,78E-11	2,08E-10	90,888	68,166

173	9,95430939	0,00239929	-1,75E-10	5,80E-10	108	81
174	9,883406682	0,001627928	-4,49E-10	1,96E-10	64,112	48,084
175	9,855050156	0,00131613	1,29E-10	9,65E-11	43,864	32,898
176	9,854980647	0,001315377	5,36E-10	-1,31E-10	108	81
177	9,867429716	0,001452601	3,60E-10	3,62E-12	172,8	129,6
178	9,855188958	0,001317634	4,04E-10	-1,41E-10	0,008	0,006
179	9,855265442	0,001318463	-5,67E-10	-7,80E-10	69,12	51,84
180	9,867915154	0,001457854	-6,62E-10	3,03E-10	72,904	54,678
181	9,956812262	0,002426133	-1,95E-09	-1,11E-09	46,912	35,184
182	9,95634339	0,002421105	-8,85E-10	9,35E-10	108	81
183	9,923661367	0,002067105	5,87E-10	8,84E-10	56,8	42,6
184	9,956898844	0,002427057	7,95E-10	5,07E-10	76,768	57,576
185	9,95557851	0,002412902	-9,73E-11	7,26E-10	72,88	54,66
186	9,916828295	0,001992825	7,59E-10	5,69E-10	0,008	0,006
187	9,956810244	0,002426106	-1,56E-10	6,08E-11	149,04	111,78
188	9,984640836	0,000924775	1,07E-09	-7,11E-10	0	0
189	9,984834234	0,000926844	3,55E-10	-6,66E-11	0	0
190	9,957687309	0,00243551	5,31E-12	-4,97E-09	117,032	87,774
191	9,958122371	0,002440175	-5,05E-09	-1,66E-09	18,576	13,932
192	9,984620207	0,000924555	6,29E-10	-2,39E-10	18,576	13,932
193	9,788272964	0,003384323	6,29E-10	1,18E-09	18,576	13,932
194	9,790366152	0,003407147	6,29E-10	1,18E-09	18,576	13,932
195	9,984415204	0,000922362	6,29E-10	1,18E-09	18,576	13,932
196	9,957748395	0,002436165	-2,79E-09	5,69E-10	0,008	0,006
197	9,984447438	0,000922707	1,70E-09	4,72E-10	18,576	13,932
198	9,958135298	0,002440313	8,88E-10	-3,55E-10	0	0
199	9,91889024	0,004142868	4,62E-09	2,84E-09	0	0
200	9,918874017	0,004142693	1,52E-10	-4,15E-09	46,44	34,83

Solución 2							
NodOrigen	NodDestino	Pérdidas (kW)	Pérdidas (kVAr)	Resistencia	Reactancia	Calibre	Jeconomica
67	65	0,153059518	0,142555433	0,01836	0,0171	2	0,182820417
65	69	0,107485258	0,10010882	0,01785	0,016625	2	0,155389355
69	58	0,075882506	0,070674883	0,014994	0,013965	2	0,142459567
67	84	0,000285713	0,000266105	0,00816	0,0076	2	0,011840106
67	92	0,000131428	0,000122408	0,02346	0,02185	2	0,004736035
59	57	0,00023779	0,00022147	0,00306	0,00285	2	0,017655382
64	70	0,047384625	0,044132739	0,01989	0,018525	2	0,097748841
68	64	0,030810017	0,028695605	0,00867	0,008075	2	0,119380373
58	68	0,025368169	0,023627216	0,005916	0,00551	2	0,131135002
62	60	0,00750838	0,006993099	0,0306	0,0285	2	0,031372552
70	62	0,005480005	0,005103925	0,006324	0,00589	2	0,05895443
60	59	0,000951381	0,000886091	0,01224	0,0114	2	0,017657427
66	63	0,00357761	0,003332087	0,012546	0,011685	2	0,033777775
66	67	0,297563276	0,277142266	0,024072	0,02242	2	0,22259281

							4
63	61	0,001099502	0,001024046	0,01683	0,015675	2	0,01616767 2
1	16	0,001855485	0,001728149	0,02448	0,0228	2	0,01721870 1
6	5	0,001865838	0,001737791	0,01122	0,01045	2	0,02573611 7
2	6	0,005046275	0,004699962	0,014484	0,01349	2	0,03725217 5
16	17	0,002473409	0,002303665	0,03264	0,0304	2	0,01721671 3
1	13	0,000261079	0,000243162	0,00459	0,004275	2	0,01491515 2
8	7	0,004272145	0,003978958	0,02652	0,0247	2	0,02533213 2
2	8	0,000657357	0,000612246	0,00408	0,0038	2	0,02533411 9
7	18	6,73225E-05	6,27011E-05	0,00612	0,0057	2	0,00661977 4
85	90	0,000147516	0,000137392	0,02652	0,0247	2	0,00470241 6
9	2	0,061160586	0,056963291	0,03009	0,028025	2	0,08997931 3
87	88	0,435041726	0,405185921	0,02244	0,0209	2	0,27870668 2
88	66	0,563705612	0,525019933	0,03009	0,028025	2	0,27397963 7
19	50	0,210350806	0,195914967	0,02448	0,0228	2	0,18458648 9
50	51	0,044433942	0,041384554	0,01938	0,01805	2	0,09535365 9
51	55	0,03815387	0,035535467	0,03264	0,0304	2	0,06808898 1
55	26	0,011138741	0,010374318	0,02652	0,0247	2	0,04081591 1
26	30	0,002194637	0,002044024	0,02856	0,0266	2	0,01745858 2
46	39	0,003027827	0,002820034	0,0255	0,02375	2	0,02174680 2
50	53	0,014819922	0,013802869	0,0153	0,01425	2	0,06197512 9
53	23	0,019725137	0,01837145	0,0204	0,019	2	0,06192060 1
23	28	0,013225278	0,01231766	0,02652	0,0247	2	0,04447032 7
28	33	0,005913732	0,005507889	0,03213	0,029925	2	0,02701720 4
20	46	0,014221628	0,013245634	0,02346	0,02185	2	0,04913617 5
19	43	0,008030871	0,00747973	0,00408	0,0038	2	0,08833484 7
43	24	0,070270118	0,065447659	0,0357	0,03325	2	0,08833484 3
24	34	0,045255223	0,042149473	0,0357	0,03325	2	0,07089233 5
34	37	0,004208896	0,00392005	0,02244	0,0209	2	0,02727079 2
37	40	0,005451626	0,005077494	0,02907	0,027075	2	0,02726877 2
47	42	0,000939145	0,000874693	0,02244	0,0209	2	0,01291118 6
49	47	0,005404232	0,005033353	0,0204	0,019	2	0,03248313 2
32	19	0,351840237	0,327694339	0,01836	0,0171	2	0,27564540 4
27	35	0,004775737	0,00444799	0,0255	0,02375	2	0,02723232 5
48	44	0,002302968	0,00214492	0,01224	0,0114	2	0,02735841

							7
54	22	0,010830885	0,010087589	0,02142	0,01995	2	0,04474479
							0,02731905
22	27	0,003652717	0,003402041	0,01938	0,01805	2	8
							0,05419659
32	54	0,009080355	0,008457193	0,01224	0,0114	2	4
							0,11069416
20	49	0,03137685	0,029223537	0,0102	0,0095	2	8
							0,01753481
36	31	0,002282942	0,00212627	0,02958	0,02755	2	9
							0,03506838
41	36	0,00582523	0,00542546	0,01887	0,017575	2	2
							0,05081876
45	41	0,004628849	0,004311181	0,00714	0,00665	2	1
							0,07821104
49	45	0,015663334	0,0145884	0,0102	0,0095	2	1
							0,22336438
48	20	0,374411575	0,348716663	0,03774	0,03515	2	6
							0,26326614
29	38	0,478584124	0,445740115	0,03264	0,0304	2	4
							0,2632643
38	48	0,358932293	0,334299685	0,02448	0,0228	2	
							0,36595142
21	52	0,341632093	0,318186753	0,01122	0,01045	2	5
							0,31400280
25	29	0,333650466	0,310752884	0,0153	0,01425	2	1
							0,33987753
52	25	0,727662546	0,677724921	0,02805	0,026125	2	1
							0,40800418
32	21	0,470468362	0,438181318	0,01224	0,0114	2	3
							0,22027063
20	71	0,657341971	0,612230267	0,05406	0,05035	2	4
							0,02690861
71	73	0,001110992	0,001034745	0,00612	0,0057	2	7
							0,05487527
71	75	0,01154861	0,010756058	0,0153	0,01425	2	6
							0,01097496
80	74	0,000708282	0,000659675	0,02346	0,02185	2	2
							0,05487324
75	80	0,011162829	0,010396754	0,01479	0,013775	2	2
							0,11131466
71	72	0,085495354	0,079628025	0,02754	0,02565	2	9
							0,03453334
72	79	0,006096312	0,005677938	0,0204	0,019	2	6
							0,06808329
72	76	0,024872201	0,023165285	0,02142	0,01995	2	2
							0,05693561
76	77	0,01159551	0,010799742	0,01428	0,0133	2	
							0,02864060
78	82	0,013830615	0,012881455	0,06732	0,0627	2	4
							0,00472052
79	81	0,000113911	0,000106093	0,0204	0,019	2	5
							0,04704328
77	78	0,003392542	0,00315972	0,00612	0,0057	2	7
							0,00118174
82	89	1,18089E-05	1,09985E-05	0,033762	0,031445	2	1
							0,02685679
114	113	0,002449138	0,002281061	0,01326	0,01235	2	7
							0,03281275
111	114	0,003093451	0,002881153	0,01122	0,01045	2	2
							0,00843596
93	112	0,00016747	0,000155978	0,00918	0,00855	2	5
							0,08651889
105	94	0,044972811	0,041886441	0,02346	0,02185	2	5
							0,05966682
94	111	0,008369349	0,007794982	0,00918	0,00855	2	3
							0,13053894
93	110	0,080135211	0,074635735	0,01836	0,0171	2	7

110	105	0,060430534	0,05628334	0,01836	0,0171	2	0,11336341 1
106	102	0,000978809	0,000911635	0,0153	0,01425	2	0,01590441 2
83	106	0,003692445	0,003439042	0,01836	0,0171	2	0,02819886 7
115	96	0,022650181	0,021095756	0,01224	0,0114	2	0,08501309 2
95	100	0,025314364	0,023577104	0,02958	0,02755	2	0,05781643 7
100	99	0,006895733	0,006422496	0,01632	0,0152	2	0,04062635 8
99	101	0,005355483	0,004987949	0,0153	0,01425	2	0,03697711 4
101	98	0,000422129	0,00039316	0,01428	0,0133	2	0,01074587 3
116	95	0,039112082	0,03642792	0,02193	0,020425	2	0,08346018 1
96	116	0,020011787	0,018638429	0,01122	0,01045	2	0,08346217 1
93	97	0,036850204	0,034321268	0,01122	0,01045	2	0,11324434 4
97	115	0,043634353	0,040639838	0,01734	0,01615	2	0,09913039 5
141	146	0,000547454	0,000509883	0,02958	0,02755	2	0,00863154 5
135	141	0,010554844	0,009830492	0,02244	0,0209	2	0,04351333 1
152	131	0,027749548	0,025845168	0,02448	0,0228	2	0,06754599 8
131	135	0,019672244	0,018322189	0,04182	0,03895	2	0,04351537 9
148	56	0,003069566	0,00285891	0,01938	0,01805	2	0,02524479 4
56	124	0,003202024	0,002982276	0,0255	0,02375	2	0,02247783 2
123	126	0,000249389	0,000232274	0,00816	0,0076	2	0,01094176 5
124	127	0,000192122	0,000178939	0,00612	0,0057	2	0,01123896 3
118	199	0,010784552	0,010044436	0,02142	0,01995	2	0,04440923 8
199	200	6,98719E-05	6,508E-05	0,00204	0,0019	2	0,01158213 6
199	157	0,001683561	0,001568024	0,00612	0,0057	2	0,03282690 4
157	123	0,007855667	0,007316552	0,02856	0,0266	2	0,03282491 9
198	191	2,2186E-05	2,06626E-05	0,00408	0,0038	2	0,00459700 2
198	196	0,004183362	0,003896269	0,01938	0,01805	2	0,02896314 1
158	198	0,021875179	0,020373941	0,07548	0,0703	2	0,03355962 5
196	190	0,000660441	0,000615111	0,00306	0,00285	2	0,02896117 9
158	160	0,066669572	0,062094209	0,02346	0,02185	2	0,10509818 9
160	171	0,011577086	0,010782579	0,02448	0,0228	2	0,04287341 2
171	187	0,008927409	0,008314744	0,0255	0,02375	2	0,03688847 4
178	175	0,000568318	0,000529316	0,01836	0,0171	2	0,01108201 6
160	184	0,024282905	0,022616431	0,03672	0,0342	2	0,05070005 5
184	163	0,006591966	0,006139576	0,0255	0,02375	2	0,03169976 3

163	164	3,02052E-05	2,81318E-05	0,00918	0,00855	2	0,00357634 3
178	172	0,00420251	0,003914102	0,03162	0,02945	2	0,02296405 7
159	178	0,005662384	0,00527379	0,01938	0,01805	2	0,03404809 8
158	181	0,178619793	0,166361571	0,02856	0,0266	2	0,15593510 6
181	185	0,032328714	0,030110077	0,0255	0,02375	2	0,07021203 3
185	165	0,011422201	0,010638324	0,01632	0,0152	2	0,05216925 2
165	169	0,00811411	0,00755726	0,01632	0,0152	2	0,04397079 7
169	173	0,001876055	0,001747306	0,0102	0,0095	2	0,02674422 2
159	179	0,006177537	0,005753588	0,01224	0,0114	2	0,0447481
179	176	0,002871094	0,002674058	0,0153	0,01425	2	0,02728604 2
161	168	0,000116525	0,000108528	0,02142	0,01995	2	0,00459890 9
182	161	0,013545363	0,012615779	0,02346	0,02185	2	0,04737873 4
181	182	0,012970002	0,012079904	0,00918	0,00855	2	0,07411202 1
180	177	0,007820231	0,007283548	0,01632	0,0152	2	0,04354757 3
130	156	0,010163109	0,009465641	0,0102	0,0095	2	0,06331998 8
129	130	0,022822565	0,02125631	0,0153	0,01425	2	0,07747417 3
156	132	0,009985292	0,009300027	0,03162	0,02945	2	0,03564861
132	139	0,000467234	0,000435169	0,02958	0,02755	2	0,00797290 7
136	143	0,024190698	0,022530552	0,02652	0,0247	2	0,06059074 8
143	147	0,008783762	0,008180955	0,02652	0,0247	2	0,03651191
155	136	0,037165923	0,034615321	0,02346	0,02185	2	0,07984747 6
147	149	0,000477208	0,000444457	0,00612	0,0057	2	0,01771578 8
138	142	0,022341143	0,020807927	0,01734	0,01615	2	0,07205555 4
128	150	0,079823657	0,074345564	0,00918	0,00855	2	0,18699364 2
145	144	4,66855E-05	4,34831E-05	0,00918	0,00855	2	0,00452329 9
148	145	0,002598548	0,002420215	0,0153	0,01425	2	0,02614033 6
151	134	0,002685348	0,00250106	0,02142	0,01995	2	0,02244965 2
134	194	1,43473E-05	1,3361E-05	0,00255	0,002375	2	0,00475647 8
150	151	0,007897052	0,007355098	0,0153	0,01425	2	0,04555106
189	188	0,000992991	0,000924844	0,0204	0,019	2	0,01371670 5
188	197	0,000662002	0,000616571	0,0306	0,0285	2	0,00914457 9
197	195	5,5168E-05	5,13822E-05	0,0102	0,0095	2	0,00457238 6
188	192	3,5304E-05	3,28825E-05	0,006528	0,00608	2	0,00457193 6
137	148	0,035131919	0,032720905	0,0357	0,03325	2	0,0629236
154	137	0,035572256	0,033131023	0,02958	0,02755	2	0,06955771 1
137	193	2,00913E-05	1,87129E-05	0,00357	0,003325	2	0,00475768

							9
150	154	0,062397478	0,058115299	0,01938	0,01805	2	0,11379975 2
117	83	1,953440029	1,819380418	0,01122	0,01045	2	0,84487817 9
123	125	0,000249389	0,000232274	0,00816	0,0076	2	0,01094176 5
201	91	7,843125648	7,304871927	0,108528	0,10108	2	0,53667248 7
91	1	6,75871353	6,294880248	0,095166	0,088635	2	0,53207889 6
91	86	6,14563E-05	2,0804E-05	0,011308	0,003828	1	0,01157629 1,25967348
1	12	1,770386721	0,599313793	0,02827	0,00957	1	3
3	11	3,539956513	1,198351037	0,05911	0,02001	1	1,23210670 4
11	14	5,15244117	1,744211602	0,09252	0,03132	1	1,18845989 6
14	10	6,079266522	2,057961819	0,116935	0,039585	1	1,14849472 6
12	3	2,385642544	0,807591055	0,039835	0,013485	1	1,23211173 6
10	85	0,005950679	0,002014432	0,03084	0,01044	1	0,06978214 4
10	9	1,651510462	0,559071635	0,04112	0,01392	1	1,00983593 6
9	87	1,932384384	0,654153469	0,096375	0,032625	1	0,71413147 0,74250265
83	32	1,567589848	1,460010152	0,01173	0,010925	2	1
201	122	1,308726536	0,121891198	0,00357	0,0003325	3	0,60801848 1
119	93	20,11686352	1,873629446	0,054876	0,005111	3	0,60801651 9
122	119	23,37003963	2,176621338	0,06375	0,0059375	3	0,60801747 8
118	120	0,000715188	0,000242106	0,008995	0,003045	1	0,04446032 5
93	118	6,704393478	6,244288043	0,02958	0,02755	2	0,96096182 5
118	121	2,825309394	2,631415612	0,01428	0,0133	2	0,89925103 0,84488022
121	117	9,767247392	9,0969461	0,0561	0,05225	2	6
103	104	0,020921585	0,007082404	0,04369	0,01479	1	0,10965035 3
83	103	0,019145851	0,01783192	0,0204	0,019	2	0,06092296 5
108	107	0,000794547	0,000268971	0,04369	0,01479	1	0,02136517 8
83	108	0,000597689	0,00055667	0,01326	0,01235	2	0,01334957 0,20481710
140	152	0,105492206	0,035711369	0,06425	0,02175	1	4
189	158	16,64211737	1,550001128	0,051	0,00475	3	0,56937145 4
158	183	11,23703018	10,46586145	0,06324	0,0589	2	0,84362151 1
183	186	2,066435493	1,924621292	0,01224	0,0114	2	0,82256474 0,82256274
186	166	4,993861262	4,651145293	0,02958	0,02755	2	6
166	174	4,898466139	4,562296894	0,03162	0,02945	2	0,78828557 9
174	180	4,395573305	4,093916314	0,02958	0,02755	2	0,77218198 7
180	159	3,202077576	2,982327154	0,0255	0,02375	2	0,71026705 0,01166275
162	170	0,000309577	0,000104798	0,05654	0,01914	1	9
183	162	0,0008147	0,000275793	0,06682	0,02262	1	0,01740359

							7
159	128	19,85121576	6,720061366	0,20046	0,06786	1	1,59049324 2
128	140	0,27785518	0,094059925	0,02827	0,00957	1	0,50106734 2
140	129	0,112972253	0,038243526	0,04112	0,01392	1	0,26490788 3
128	153	0,397120201	0,134433687	0,03084	0,01044	1	0,57371055 9
153	155	0,060133337	0,020356422	0,02827	0,00957	1	0,23311262
133	138	0,260261954	0,088104241	0,10537	0,03567	1	0,25136724 1
153	133	0,237705224	0,080468305	0,06939	0,02349	1	0,29600117 6
201	189	10,23066855	0,952856385	0,0306	0,00285	3	0,57622844 4
202	20	0,316019105	0,029433152	0,0306	0,00285	3	0,101363175

Solución 3						
Nodo	Tensión (kV)	Ángulo	Pgenerada (kW)	Qgenerada (kVAr)	Pload (kW)	Qload (kVAr)
201	10	0	11446,69646	8933,772046	0	0
202	9,840720311	0,004396003	950	312,2499	0	0
1	9,925912529	-0,000811255	2,66E-09	2,93E-09	0	0
2	9,83572557	0,002087273	-5,15E-09	-2,62E-09	108	81
3	9,909022668	-0,000257349	7,59E-10	3,65E-11	0,008	0,006
4	10	-1,37E-17	0,008	0,006	0,008	0,006
5	9,835161603	0,002081151	-1,07E-10	-9,68E-10	101,464	76,098
6	9,835358209	0,002083285	-1,91E-09	7,03E-10	45,4	34,05
7	9,835197824	0,002081544	6,81E-10	-1,44E-09	73,768	55,326
8	9,835655199	0,002086509	-3,07E-10	2,14E-10	0,008	0,006
9	9,837568932	0,002107281	-1,75E-10	1,35E-10	108	81
10	9,845836227	0,00183192	-3,52E-10	-2,64E-10	108	81
11	9,894502096	0,000220407	1,44E-10	-1,14E-10	69,12	51,84
12	9,918809584	-0,000578527	1,29E-10	-8,11E-11	43,864	32,898
13	9,92586549	-0,000811761	1,59E-09	1,19E-09	59,888	44,916
14	9,872589009	0,000944021	3,56E-11	-3,99E-11	63,008	47,256
15	10	7,67E-18	0,008	0,006	0,008	0,006
16	9,925622929	-0,00081437	4,86E-11	1,46E-09	0,008	0,006
17	9,925236841	-0,000818524	1,44E-10	1,08E-10	69,12	51,84
18	9,835170242	0,002081244	-5,64E-10	6,43E-10	26,096	19,572
19	9,86318486	0,003963348	-2,93E-09	3,40E-09	10,8	8,1
20	9,83715832	0,004414757	2,01E-09	1,33E-09	0,448	0,336
21	9,863365126	0,004020688	1,43E-09	3,59E-10	172,8	129,6
22	9,865530986	0,003988721	8,55E-10	2,86E-10	69,12	51,84
23	9,858592363	0,003913632	8,55E-10	2,86E-10	69,12	51,84
24	9,860786687	0,003937389	6,77E-10	4,63E-10	69,12	51,84
25	9,854553517	0,004103189	-1,75E-10	-1,31E-10	108	81
26	9,856585507	0,003891896	7,16E-10	1,25E-09	92,48	69,36
27	9,865169452	0,003984808	1,02E-09	3,25E-10	0,344	0,258
28	9,857787628	0,003904916	1,44E-10	2,86E-10	69,12	51,84
29	9,851486574	0,004139339	-5,27E-10	-1,15E-09	216	162
30	9,856245315	0,00388821	-2,11E-10	-6,96E-11	69,12	51,84
31	9,836082277	0,004449435	1,44E-10	2,86E-10	69,12	51,84
32	9,866638487	0,004000707	-2,94E-09	2,24E-09	40,32	30,24
33	9,857195318	0,0038985	-3,10E-10	-3,21E-10	106,984	80,238



34	9,859059528	0,003918687	-3,50E-10	-1,74E-10	172,8	129,6
35	9,864695261	0,003979676	-1,75E-10	-1,31E-10	108	81
36	9,836435341	0,004453268	-2,11E-10	9,96E-10	69,12	51,84
37	9,85864193	0,003914164	4,04E-10	-4,96E-10	0,008	0,006
38	9,846159371	0,004229709	7,59E-10	1,10E-09	0,008	0,006
39	9,835995871	0,004402138	2,79E-10	3,87E-10	85,744	64,308
40	9,85810099	0,003908305	-1,75E-10	-4,86E-10	108	81
41	9,836885793	0,004458158	-1,33E-09	1,67E-09	62,096	46,572
42	9,837027501	0,004459695	2,81E-10	-4,99E-10	50,904	38,178
43	9,862938893	0,003960686	1,42E-09	-7,11E-10	0	0
44	9,841935917	0,004295075	5,36E-10	5,80E-10	108	81
45	9,837132791	0,004460839	5,36E-10	-3,68E-09	108	81
46	9,836373442	0,004406237	8,91E-10	5,80E-10	108	81
47	9,837224736	0,004461836	-6,82E-10	3,76E-10	77,168	57,876
48	9,842164055	0,00429755	4,99E-10	-7,80E-10	69,12	51,84
49	9,837675852	0,004466733	-2,13E-09	2,80E-09	0	0
50	9,860101368	0,003929973	8,91E-10	-1,31E-10	108	81
51	9,858840417	0,003916319	-8,85E-10	-6,64E-10	108	81
52	9,860698425	0,00404263	-8,85E-10	-4,86E-10	108	81
53	9,859454326	0,003922967	-8,19E-10	9,64E-11	0,216	0,162
54	9,866185479	0,003995804	1,57E-09	1,98E-09	37,496	28,122
55	9,857324037	0,003899896	-1,75E-10	4,67E-11	108	81
56	9,786431283	0,003364232	9,77E-10	2,00E-10	10,8	8,1
57	9,801155806	0,002317095	-3,41E-09	2,42E-09	69,12	51,84
58	9,804791246	0,002356691	-3,61E-10	4,40E-10	44,368	33,276
59	9,80119246	0,002317495	2,89E-09	2,35E-09	0,008	0,006
60	9,801339093	0,002319092	1,97E-10	1,21E-09	53,696	40,272
61	9,813564742	0,00245214	5,38E-10	7,59E-10	63,456	47,592
62	9,801990417	0,002326188	1,96E-09	7,57E-10	108	81
63	9,813749585	0,002454152	4,99E-10	-6,96E-11	69,12	51,84
64	9,803562543	0,002343311	1,92E-09	1,97E-09	84,728	63,546
65	9,808122835	0,002392954	9,62E-10	9,98E-11	107,544	80,658
66	9,814037466	0,002457284	-5,67E-10	2,86E-10	69,12	51,84
67	9,810400724	0,002417737	1,57E-09	2,90E-10	90,984	68,238
68	9,804264838	0,002350959	6,12E-10	-3,27E-09	46,048	34,536
69	9,806240666	0,00237247	6,48E-10	7,52E-10	50,672	38,004
70	9,802243376	0,002328943	6,01E-10	-5,26E-10	151,912	113,934
71	9,829058044	0,004326848	-2,26E-09	-1,74E-09	106,984	80,238
72	9,826972989	0,004304199	2,10E-10	-4,64E-10	34,232	25,674
73	9,828945998	0,004325631	8,30E-10	2,40E-09	105,944	79,458
74	9,827759583	0,004312741	7,12E-10	8,00E-10	43,2	32,4
75	9,828486862	0,004320643	-6,62E-10	-1,21E-09	0,008	0,006
76	9,825981173	0,004293423	1,19E-09	4,52E-10	43,864	32,898
77	9,82542824	0,004287415	-1,50E-09	1,36E-09	38,92	29,19
78	9,825232445	0,004285287	-1,42E-09	5,81E-10	72,4	54,3
79	9,826493794	0,004298992	1,40E-09	2,51E-10	117,32	87,99
80	9,827934741	0,004314644	-3,50E-10	-3,52E-10	172,8	129,6
81	9,826428291	0,004298281	-8,12E-11	1,17E-10	18,576	13,932
82	9,823921284	0,004271037	9,18E-11	1,35E-10	108	81
83	9,872497499	0,004010997	1,72E-09	-4,66E-09	2,68	2,01
84	9,810335113	0,002417023	8,63E-10	-5,96E-10	46,44	34,83
85	9,845406501	0,001846243	-4,18E-10	-4,72E-11	90,832	68,124
86	9,960338376	-0,000431584	6,29E-10	-2,39E-10	18,576	13,932
87	9,823879507	0,002564181	-6,14E-10	-5,05E-10	18,576	13,932

88	9,819633824	0,002518093	2,74E-10	-2,39E-10	18,576	13,932
89	9,823894152	0,004270742	5,37E-10	4,03E-10	4,648	3,486
90	9,845321511	0,001845321	2,74E-10	1,17E-10	18,576	13,932
91	9,96036482	-0,000432456	-2,66E-10	6,22E-10	0	0
92	9,810325272	0,002416916	6,29E-10	8,27E-10	18,576	13,932
93	9,938773958	0,004223287	1,75E-09	1,93E-09	15,72	11,79
94	9,93429872	0,004175205	-1,24E-09	9,35E-10	108	81
95	9,93410045	0,004173079	-2,48E-10	4,36E-10	103,136	77,352
96	9,936002787	0,004193521	2,65E-10	2,09E-11	6,24	4,68
97	9,937900219	0,004213903	2,06E-09	1,19E-09	56,808	42,606
98	9,931974312	0,004150225	-3,54E-10	8,00E-10	43,2	32,4
99	9,932468774	0,004155541	-3,60E-10	1,15E-09	14,672	11,004
100	9,932924616	0,004160441	1,21E-09	6,41E-10	69,12	51,84
101	9,932079811	0,004151359	-7,14E-10	7,08E-10	105,456	79,092
102	9,871977414	0,004005372	2,09E-10	1,56E-10	63,168	47,376
103	9,87164829	0,00400181	4,99E-10	-2,47E-10	69,12	51,84
104	9,870689242	0,004033691	4,81E-12	9,24E-11	172,8	129,6
105	9,935694454	0,004190205	5,36E-10	2,24E-10	108	81
106	9,872143701	0,00400717	-9,42E-10	1,81E-10	48,832	36,624
107	9,872189635	0,004015901	5,29E-11	1,29E-10	33,68	25,26
108	9,872376531	0,004009689	-7,43E-10	-6,46E-10	19,344	14,508
109	10	2,24E-17	0,008	0,006	0,008	0,006
110	9,937125747	0,004205583	4,99E-10	2,86E-10	69,12	51,84
111	9,933922076	0,004171157	-1,75E-10	-8,42E-10	108	81
112	9,938720679	0,004222715	3,34E-10	7,25E-11	33,96	25,47
113	9,933424051	0,004165804	5,36E-10	-8,42E-10	108	81
114	9,933668925	0,004168436	-9,37E-11	-6,03E-10	23,952	17,964
115	9,936718256	0,004201207	-1,14E-09	1,19E-09	56,808	42,606
116	9,935358908	0,004186603	4,86E-11	2,14E-10	0,008	0,006
117	9,878892582	0,004029376	5,82E-10	7,47E-10	0,008	0,006
118	9,919543403	0,004149894	-7,11E-10	-1,07E-09	0	0
119	9,966247429	0,002320269	-3,07E-10	1,43E-11	0,008	0,006
120	9,919462946	0,004152556	1,63E-10	-5,88E-10	70,76	53,07
121	9,91086812	0,004120918	4,92E-10	5,79E-11	219,032	164,274
122	9,998208741	0,000122651	-8,40E-10	-4,52E-10	0,008	0,006
123	9,918108756	0,00413445	-1,65E-09	1,16E-09	43,864	32,898
124	9,786043003	0,003359995	1,55E-09	-6,14E-10	43,864	32,898
125	9,918047458	0,00413379	-1,29E-09	9,65E-11	43,864	32,898
126	9,918047458	0,00413379	1,55E-09	8,07E-10	43,864	32,898
127	9,785996409	0,003359487	1,29E-10	-6,14E-10	43,864	32,898
128	9,79233578	0,003428623	-2,70E-09	-2,29E-09	69,12	51,84
129	9,787362237	0,0035953	1,81E-10	-3,09E-10	108	81
130	9,786559281	0,00358654	1,10E-09	2,94E-10	55,248	41,436
131	9,785792781	0,003598153	-9,52E-10	2,63E-10	93,784	70,338
132	9,785358255	0,003573435	-5,30E-10	-3,09E-10	108	81
133	9,784750792	0,003682728	3,22E-10	1,08E-10	69,12	51,84
134	9,79037437	0,003407237	1,44E-10	-2,20E-09	69,12	51,84
135	9,784560293	0,003584705	2,26E-10	1,28E-09	0,008	0,006
136	9,786248335	0,00357622	9,70E-10	-4,27E-10	75,16	56,37
137	9,788284472	0,003384448	2,08E-09	4,27E-09	7,328	5,496
138	9,779497577	0,00385891	3,01E-12	5,80E-10	108	81
139	9,785198509	0,003571692	7,88E-10	2,36E-10	31,112	23,334
140	9,789524286	0,003522822	3,73E-11	4,72E-10	48,584	36,438
141	9,78389899	0,003577488	-4,95E-11	6,73E-10	136,08	102,06

142	9,778651829	0,003849675	1,85E-10	2,28E-10	280,8	210,6
143	9,785159971	0,003564345	1,18E-10	-2,49E-13	93,96	70,47
144	9,786463632	0,003364584	1,19E-11	-7,02E-10	17,656	13,242
145	9,786491762	0,003364891	4,91E-10	1,08E-09	84,376	63,282
146	9,783726073	0,003575601	4,29E-12	1,81E-10	33,672	25,254
147	9,784504142	0,003557188	1,96E-09	-5,70E-10	73,336	55,002
148	9,786762703	0,003367848	8,81E-10	3,05E-10	45,04	33,78
149	9,784430709	0,003556386	-5,67E-10	9,96E-10	69,12	51,84
150	9,791172587	0,003415942	-1,24E-09	-4,86E-10	108	81
151	9,790700261	0,003410791	1,01E-09	-2,22E-10	90,248	67,686
152	9,786912728	0,003610371	8,27E-11	4,62E-10	53,648	40,236
153	9,788825044	0,003546212	-2,11E-10	4,63E-10	69,12	51,84
154	9,789678332	0,003399649	3,60E-10	3,59E-10	172,8	129,6
155	9,787517157	0,003590061	1,05E-10	1,32E-09	49,472	37,104
156	9,786121782	0,003581767	8,91E-10	1,47E-09	108	81
157	9,918752383	0,004141379	-3,07E-10	-1,41E-10	0,008	0,006
158	9,959881343	0,002459032	-5,47E-10	-3,26E-11	2,336	1,752
159	9,85563909	0,001322511	-1,34E-09	1,90E-10	0,904	0,678
160	9,958181958	0,002440815	6,24E-10	1,27E-09	46,576	34,932
161	9,955577401	0,002412889	3,60E-10	-7,07E-10	172,8	129,6
162	9,92342732	0,002074844	1,50E-10	-3,32E-10	9,144	6,858
163	9,956341734	0,002421082	-5,05E-10	-4,67E-10	113,616	85,212
164	9,956319107	0,00242084	-3,00E-10	1,30E-10	14,448	10,836
165	9,954991833	0,00240661	-5,57E-10	-5,95E-10	33,112	24,834
166	9,900315304	0,001812893	-8,87E-10	-3,99E-10	136,936	102,702
167	10	8,28E-18	0,008	0,006	0,008	0,006
168	9,955509514	0,002412161	2,74E-10	1,17E-10	18,576	13,932
169	9,954497359	0,002401306	-3,53E-09	9,07E-10	69,568	52,176
170	9,923294607	0,002079233	9,64E-11	2,79E-11	18,576	13,932
171	9,957458574	0,002433059	-1,05E-10	2,77E-10	24,184	18,138
172	9,854693623	0,001312267	-7,78E-11	3,05E-11	90,888	68,166
173	9,95430939	0,00239929	5,36E-10	-8,42E-10	108	81
174	9,883406682	0,001627928	2,61E-10	-1,59E-10	64,112	48,084
175	9,855050156	0,00131613	-2,27E-10	4,52E-10	43,864	32,898
176	9,854980647	0,001315377	-1,75E-10	-1,31E-10	108	81
177	9,867429716	0,001452601	3,60E-10	-3,52E-10	172,8	129,6
178	9,855188958	0,001317634	4,86E-11	9,25E-10	0,008	0,006
179	9,855265442	0,001318463	1,57E-09	9,96E-10	69,12	51,84
180	9,867915154	0,001457854	4,04E-10	3,15E-09	72,904	54,678
181	9,956812262	0,002426133	-5,32E-10	1,73E-09	46,912	35,184
182	9,95634339	0,002421105	1,25E-09	-4,86E-10	108	81
183	9,923661367	0,002067105	-1,19E-09	7,07E-10	56,8	42,6
184	9,956898844	0,002427057	2,62E-10	6,85E-10	76,768	57,576
185	9,95557851	0,002412902	-9,73E-11	7,26E-10	72,88	54,66
186	9,916828295	0,001992825	1,82E-09	1,28E-09	0,008	0,006
187	9,956810244	0,002426106	-1,56E-10	-6,50E-10	149,04	111,78
188	9,984640836	0,000924775	2,13E-09	3,55E-10	0	0
189	9,984834234	0,000926844	1,07E-09	-2,22E-10	0	0
190	9,957687309	0,00243551	5,31E-12	7,15E-10	117,032	87,774
191	9,958122371	0,002440175	6,29E-10	-2,39E-10	18,576	13,932
192	9,984620207	0,000924555	6,29E-10	-1,66E-09	18,576	13,932
193	9,788272964	0,003384323	6,29E-10	1,18E-09	18,576	13,932
194	9,790366152	0,003407147	6,29E-10	4,02E-09	18,576	13,932
195	9,984415204	0,000922362	-7,92E-10	-9,49E-10	18,576	13,932

196	9,957748395	0,002436165	-2,08E-09	-8,52E-10	0,008	0,006
197	9,984447438	0,000922707	2,76E-09	-2,39E-10	18,576	13,932
198	9,958135298	0,002440313	1,95E-09	8,88E-10	0	0
199	9,918890311	0,004142864	1,78E-09	1,42E-09	0	0
200	9,918874088	0,004142689	5,84E-09	1,54E-09	46,44	34,83

Solución 3							
NodOrigen	NodDestino	Pérdidas (kW)	Pérdidas (kVAr)	Resistencia	Reactancia	Calibre	Jeconomica
67	65	0,153059518	0,142555433	0,01836	0,0171	2	0,182820418
65	69	0,107485259	0,10010882	0,01785	0,016625	2	0,155389356
69	58	0,075882507	0,070674884	0,014994	0,013965	2	0,142459568
67	84	0,000285711	0,000266103	0,00816	0,0076	2	0,011840047
67	92	0,000131428	0,000122408	0,02346	0,02185	2	0,004736035
59	57	0,000237787	0,00022147	0,00306	0,00285	2	0,017655171
64	70	0,047384625	0,044132739	0,01989	0,018525	2	0,097748841
68	64	0,030810018	0,028695606	0,00867	0,008075	2	0,119380376
58	68	0,02536817	0,023627216	0,005916	0,00551	2	0,13113501
62	60	0,00750838	0,006993099	0,0306	0,0285	2	0,031372552
70	62	0,005480007	0,005103925	0,006324	0,00589	2	0,058954445
60	59	0,000951381	0,00088609	0,01224	0,0114	2	0,017657427
66	63	0,00357761	0,003332087	0,012546	0,011685	2	0,033777775
66	67	0,297563276	0,277142266	0,024072	0,02242	2	0,222592814
63	61	0,001099502	0,001024046	0,01683	0,015675	2	0,016167672
1	16	0,001855485	0,001728149	0,02448	0,0228	2	0,017218701
6	5	0,001865837	0,00173779	0,01122	0,01045	2	0,025738137
2	6	0,005046275	0,004699962	0,014484	0,01349	2	0,037254203
16	17	0,002473409	0,002303666	0,03264	0,0304	2	0,017216715
1	13	0,000261079	0,000243163	0,00459	0,004275	2	0,014915152
8	7	0,004272144	0,003978958	0,02652	0,0247	2	0,025332125
2	8	0,000657356	0,000612245	0,00408	0,0038	2	0,025334064
7	18	6,73211E-05	6,27011E-05	0,00612	0,0057	2	0,006619635
85	90	0,000147516	0,000137392	0,02652	0,0247	2	0,004702427
9	2	0,061160585	0,056963291	0,03009	0,028025	2	0,089981337
87	88	0,435041726	0,405185921	0,02244	0,0209	2	0,278706682
88	66	0,563705612	0,525019933	0,03009	0,028025	2	0,273979638
19	50	0,210350801	0,195914962	0,02448	0,0228	2	0,184586484

50	51	0,044433941	0,041384553	0,01938	0,01805	2	0,09535365 7
51	55	0,038153869	0,035535466	0,03264	0,0304	2	0,06808897 9
55	26	0,01113874	0,010374317	0,02652	0,0247	2	0,04081591
26	30	0,002194637	0,002044024	0,02856	0,0266	2	0,01745858 5
46	39	0,003027827	0,002820035	0,0255	0,02375	2	0,02174680 2
50	53	0,014819921	0,013802868	0,0153	0,01425	2	0,06197512 3
53	23	0,019725136	0,01837145	0,0204	0,019	2	0,0619206
23	28	0,013225278	0,01231766	0,02652	0,0247	2	0,04447032 7
28	33	0,005913732	0,005507888	0,03213	0,029925	2	0,02701720 4
20	46	0,014221628	0,013245634	0,02346	0,02185	2	0,04913617 2
19	43	0,008030872	0,007479733	0,00408	0,0038	2	0,08833486 2
43	24	0,070270116	0,065447657	0,0357	0,03325	2	0,08833484 1
24	34	0,045255222	0,042149471	0,0357	0,03325	2	0,07089233 4
34	37	0,004208896	0,00392005	0,02244	0,0209	2	0,02727078 9
37	40	0,005451626	0,005077494	0,02907	0,027075	2	0,02726876 8
47	42	0,000938899	0,000874464	0,02244	0,0209	2	0,01290780 6
49	47	0,005402818	0,005032037	0,0204	0,019	2	0,03247463 3
32	19	0,351840227	0,327694329	0,01836	0,0171	2	0,27564539 6
27	35	0,004775737	0,00444799	0,0255	0,02375	2	0,02723232 5
48	44	0,002302969	0,002144921	0,01224	0,0114	2	0,02735843 4
54	22	0,010830885	0,010087589	0,02142	0,01995	2	0,04474479 1
22	27	0,003652717	0,003402041	0,01938	0,01805	2	0,02731905 8
32	54	0,009080354	0,008457194	0,01224	0,0114	2	0,05419659
49	20	0,027786572	0,02587965	0,0102	0,0095	2	0,11765998 1
36	31	0,002282345	0,002125714	0,02958	0,02755	2	0,01753023 2
41	36	0,005823706	0,00542404	0,01887	0,017575	2	0,03505920 7
45	41	0,004627637	0,004310053	0,00714	0,00665	2	0,05080545 2
49	45	0,015659236	0,014584582	0,0102	0,0095	2	0,07819057 7
48	20	0,374407877	0,348713219	0,03774	0,03515	2	0,22336217 9
29	38	0,478580184	0,445736445	0,03264	0,0304	2	0,26326397 6
38	48	0,358929338	0,334296932	0,02448	0,0228	2	0,26326213 3
21	52	0,341630118	0,318184913	0,01122	0,01045	2	0,36594930 9
25	29	0,333648195	0,31075077	0,0153	0,01425	2	0,31400066 3
52	25	0,727657994	0,67772068	0,02805	0,026125	2	0,33987540 5
32	21	0,470465933	0,438179057	0,01224	0,0114	2	0,40800207 7

20	71	0,657341938	0,612230237	0,05406	0,05035	2	0,220270623
71	73	0,001110992	0,001034745	0,00612	0,0057	2	0,026908617
71	75	0,01154861	0,010756057	0,0153	0,01425	2	0,054875273
80	74	0,000708282	0,000659675	0,02346	0,02185	2	0,010974962
75	80	0,011162829	0,010396752	0,01479	0,013775	2	0,054873242
71	72	0,085495349	0,079628022	0,02754	0,02565	2	0,111314663
72	79	0,006096312	0,005677937	0,0204	0,019	2	0,034533344
72	76	0,0248722	0,023165284	0,02142	0,01995	2	0,068083297
76	77	0,01159551	0,01079974	0,01428	0,0133	2	0,056935607
78	82	0,013830614	0,012881454	0,06732	0,0627	2	0,028640602
79	81	0,000113911	0,000106093	0,0204	0,019	2	0,004720525
77	78	0,00339254	0,003159722	0,00612	0,0057	2	0,047043267
82	89	1,18096E-05	1,0999E-05	0,033762	0,031445	2	0,001181812
114	113	0,002449137	0,002281059	0,01326	0,01235	2	0,026856789
111	114	0,003093449	0,002881153	0,01122	0,01045	2	0,032812737
93	112	0,000167471	0,000155977	0,00918	0,00855	2	0,008436001
105	94	0,044972811	0,041886441	0,02346	0,02185	2	0,086518895
94	111	0,008369349	0,007794983	0,00918	0,00855	2	0,059666823
93	110	0,08013521	0,074635735	0,01836	0,0171	2	0,130538947
110	105	0,060430534	0,05628334	0,01836	0,0171	2	0,113363411
106	102	0,000978808	0,000911635	0,0153	0,01425	2	0,0159044
83	106	0,003692445	0,003439042	0,01836	0,0171	2	0,028198862
115	96	0,022650181	0,021095756	0,01224	0,0114	2	0,085013092
95	100	0,025314364	0,023577103	0,02958	0,02755	2	0,057816435
100	99	0,006895733	0,006422497	0,01632	0,0152	2	0,040626362
99	101	0,005355483	0,00498795	0,0153	0,01425	2	0,036977114
101	98	0,000422128	0,000393159	0,01428	0,0133	2	0,010745855
116	95	0,039112082	0,03642792	0,02193	0,020425	2	0,08346018
96	116	0,020011787	0,018638428	0,01122	0,01045	2	0,083462171
93	97	0,036850204	0,034321268	0,01122	0,01045	2	0,113244344
97	115	0,043634352	0,040639838	0,01734	0,01615	2	0,099130393
141	146	0,000547453	0,000509883	0,02958	0,02755	2	0,008631539
135	141	0,010554844	0,009830492	0,02244	0,0209	2	0,043513331
152	131	0,027749548	0,025845167	0,02448	0,0228	2	0,067545997
131	135	0,019672244	0,018322189	0,04182	0,03895	2	0,043515379

148	56	0,003069566	0,00285891	0,01938	0,01805	2	0,02524479 2
56	124	0,003202024	0,002982276	0,0255	0,02375	2	0,02247783 2
123	126	0,000249389	0,000232274	0,00816	0,0076	2	0,01094176 5
124	127	0,000192122	0,000178936	0,00612	0,0057	2	0,01123896 3
118	199	0,010784551	0,010044435	0,02142	0,01995	2	0,04440923 5
199	200	6,98719E-05	6,508E-05	0,00204	0,0019	2	0,01158213 6
199	157	0,001683563	0,001568023	0,00612	0,0057	2	0,03282693 1
157	123	0,007855667	0,007316552	0,02856	0,0266	2	0,03282491 6
198	191	2,21888E-05	2,06612E-05	0,00408	0,0038	2	0,00459759 1
198	196	0,004183362	0,003896269	0,01938	0,01805	2	0,02896314 4
158	198	0,021875179	0,020373941	0,07548	0,0703	2	0,03355962 5
196	190	0,000660441	0,000615117	0,00306	0,00285	2	0,02896117 9
158	160	0,066669571	0,062094209	0,02346	0,02185	2	0,10509620 6
160	171	0,011577085	0,010782579	0,02448	0,0228	2	0,04287142 7
171	187	0,00892741	0,008314743	0,0255	0,02375	2	0,03688649 6
178	175	0,000568318	0,000529316	0,01836	0,0171	2	0,01108202 3
160	184	0,024282905	0,022616431	0,03672	0,0342	2	0,05070005 5
184	163	0,006591966	0,006139577	0,0255	0,02375	2	0,03169976 3
163	164	3,02052E-05	2,81318E-05	0,00918	0,00855	2	0,00357634 3
178	172	0,004202509	0,003914102	0,03162	0,02945	2	0,02296405 3
159	178	0,005662384	0,005273789	0,01938	0,01805	2	0,03404809 8
158	181	0,178619793	0,166361571	0,02856	0,0266	2	0,15593510 6
181	185	0,032328715	0,030110077	0,0255	0,02375	2	0,07021203 4
185	165	0,0114222	0,010638324	0,01632	0,0152	2	0,05216924 8
165	169	0,00811411	0,007557259	0,01632	0,0152	2	0,04397079 4
169	173	0,001876055	0,001747306	0,0102	0,0095	2	0,02674421 2
159	179	0,006177537	0,005753588	0,01224	0,0114	2	0,04474810 5
179	176	0,002871094	0,002674059	0,0153	0,01425	2	0,02728603 5
161	168	0,000116525	0,000108528	0,02142	0,01995	2	0,00459893 7
182	161	0,013545363	0,012615779	0,02346	0,02185	2	0,04737873 4
181	182	0,012970001	0,012079904	0,00918	0,00855	2	0,07411201 7
180	177	0,007820231	0,007283549	0,01632	0,0152	2	0,04354757 5
130	156	0,010163111	0,009465642	0,0102	0,0095	2	0,06332000 1
129	130	0,022822566	0,02125631	0,0153	0,01425	2	0,07747417 6

156	132	0,009985293	0,009300027	0,03162	0,02945	2	0,03564861 4
132	139	0,000467234	0,000435169	0,02958	0,02755	2	0,00797291 3
136	143	0,024190698	0,022530552	0,02652	0,0247	2	0,06059074 8
143	147	0,008783762	0,008180954	0,02652	0,0247	2	0,03651190 9
155	136	0,037165923	0,034615321	0,02346	0,02185	2	0,07984747 7
147	149	0,000477208	0,000444457	0,00612	0,0057	2	0,01771578 8
138	142	0,022341142	0,020807927	0,01734	0,01615	2	0,07205555 2
128	150	0,079823658	0,074345563	0,00918	0,00855	2	0,18699364 4
145	144	4,66862E-05	4,34831E-05	0,00918	0,00855	2	0,00452336 8
148	145	0,002598547	0,002420215	0,0153	0,01425	2	0,02614032 9
151	134	0,002685348	0,00250106	0,02142	0,01995	2	0,02244965 2
134	194	1,43473E-05	1,33639E-05	0,00255	0,002375	2	0,00475647 8
150	151	0,007897052	0,007355098	0,0153	0,01425	2	0,04555106 5
189	188	0,000992991	0,000924844	0,0204	0,019	2	0,01371670 5
188	197	0,000662002	0,00061657	0,0306	0,0285	2	0,00914458 4
197	195	5,51672E-05	5,13815E-05	0,0102	0,0095	2	0,00457232 7
188	192	3,5304E-05	3,28811E-05	0,006528	0,00608	2	0,00457193 6
137	148	0,035131919	0,032720905	0,0357	0,03325	2	0,0629236 6
154	137	0,035572256	0,033131023	0,02958	0,02755	2	0,06955771 1
137	193	2,00941E-05	1,87129E-05	0,00357	0,003325	2	0,00475836 2
150	154	0,062397478	0,058115298	0,01938	0,01805	2	0,11379975 1
117	83	1,953435256	1,819375974	0,01122	0,01045	2	0,84487611 4
123	125	0,000249389	0,000232274	0,00816	0,0076	2	0,01094176 5
201	91	7,843125648	7,304871927	0,108528	0,10108	2	0,53667451 9
91	1	6,75871353	6,294880248	0,095166	0,088635	2	0,53208087 9
91	86	6,14548E-05	2,08036E-05	0,011308	0,003828	1	0,01157602 2
1	12	1,770386721	0,599313793	0,02827	0,00957	1	1,25967861 1
3	11	3,539956513	1,198351037	0,05911	0,02001	1	1,23211183 4
11	14	5,15244117	1,744211602	0,09252	0,03132	1	1,18846502 9
14	10	6,079266522	2,057961819	0,116935	0,039585	1	1,14849986 1
12	3	2,385642544	0,807591055	0,039835	0,013485	1	1,23211686 6
10	85	0,005950678	0,002014432	0,03084	0,01044	1	0,06978213 6
10	9	1,651510462	0,559071635	0,04112	0,01392	1	1,00984107 5
9	87	1,932384384	0,654153469	0,096375	0,032625	1	0,71413147 5
83	32	1,56758548	1,460006084	0,01173	0,010925	2	0,74250058 2



201	122	1,30872433	0,121890992	0,00357	0,0003325	3	0,608017456
119	93	20,11682961	1,873626287	0,054876	0,005111	3	0,608015494
122	119	23,37000022	2,176617668	0,06375	0,0059375	3	0,608016453
118	120	0,000715188	0,000242106	0,008995	0,003045	1	0,044460325
93	118	6,704379112	6,244274662	0,02958	0,02755	2	0,960959766
118	121	2,825302916	2,631409578	0,01428	0,0133	2	0,899248968
121	117	9,767223526	9,096923872	0,0561	0,05225	2	0,844878161
103	104	0,020921585	0,007082404	0,04369	0,01479	1	0,109650351
83	103	0,019145851	0,01783192	0,0204	0,019	2	0,060922964
108	107	0,000794546	0,000268971	0,04369	0,01479	1	0,021365169
83	108	0,000597689	0,00055667	0,01326	0,01235	2	0,01334957
140	152	0,105492206	0,035711369	0,06425	0,02175	1	0,204817104
189	158	16,64211737	1,550001128	0,051	0,00475	3	0,569370416
158	183	11,23703018	10,46586145	0,06324	0,0589	2	0,843621511
183	186	2,066435493	1,924621293	0,01224	0,0114	2	0,82256474
186	166	4,993861262	4,651145293	0,02958	0,02755	2	0,822562746
166	174	4,898466139	4,562296895	0,03162	0,02945	2	0,788285579
174	180	4,395573306	4,093916314	0,02958	0,02755	2	0,772181987
180	159	3,202077575	2,982327154	0,0255	0,02375	2	0,710267049
162	170	0,000309577	0,000104798	0,05654	0,01914	1	0,011662765
183	162	0,0008147	0,000275793	0,06682	0,02262	1	0,0174036
159	128	19,85121576	6,720061366	0,20046	0,06786	1	1,590493242
128	140	0,27785518	0,094059925	0,02827	0,00957	1	0,501067342
140	129	0,112972254	0,038243526	0,04112	0,01392	1	0,264907884
128	153	0,397120202	0,134433687	0,03084	0,01044	1	0,573710559
153	155	0,060133338	0,020356422	0,02827	0,00957	1	0,233112621
133	138	0,260261954	0,088104241	0,10537	0,03567	1	0,251367241
153	133	0,237705224	0,080468305	0,06939	0,02349	1	0,296001177
201	189	10,230668855	0,952856385	0,0306	0,00285	3	0,576227456
202	49	0,31598586	0,029430056	0,0306	0,00285	3	0,101352512

Solución 4						
Nodo	Tensión (kV)	Ángulo	Pgenerada (kW)	Qgenerada (kVAr)	Pload (kW)	Qload (kVAr)
201	10	0	11451,96997	8938,59673	0	0
202	9,872099199	0,00439273	950	312,2499	0	0
1	9,925912529	-0,000811255	8,88E-10	1,33E-09	0	0
2	9,83572557	0,002087273	1,81E-10	-8,42E-10	108	81

3	9,909022668	-0,000257349	1,11E-09	3,65E-11	0,008	0,006
4	10	2,52E-18	0,008	0,006	0,008	0,006
5	9,835161603	0,002081151	-1,07E-10	-9,68E-10	101,464	76,098
6	9,835358209	0,002083285	9,37E-10	2,83E-09	45,4	34,05
7	9,835197824	0,002081544	-7,40E-10	-2,51E-09	73,768	55,326
8	9,835655199	0,002086509	-2,44E-09	3,41E-09	0,008	0,006
9	9,837568932	0,002107281	1,81E-10	-2,20E-10	108	81
10	9,845836227	0,00183192	3,01E-12	-3,09E-10	108	81
11	9,894502096	0,000220407	3,22E-10	-6,96E-11	69,12	51,84
12	9,918809584	-0,000578527	4,84E-10	3,63E-10	43,864	32,898
13	9,92586549	-0,000811761	1,70E-10	1,19E-09	59,888	44,916
14	9,872589009	0,000944021	-2,31E-10	1,38E-10	63,008	47,256
15	10	-1,99E-18	0,008	0,006	0,008	0,006
16	9,925622929	-0,00081437	1,47E-09	1,99E-09	0,008	0,006
17	9,925236841	-0,000818524	1,44E-10	1,08E-10	69,12	51,84
18	9,835170242	0,002081244	-1,98E-09	-7,78E-10	26,096	19,572
19	9,865304803	0,004076659	-2,58E-09	5,55E-10	10,8	8,1
20	9,816484274	0,003465441	1,83E-09	2,66E-10	0,448	0,336
21	9,861624036	0,003954053	4,81E-12	1,07E-09	172,8	129,6
22	9,865341418	0,003994075	-2,11E-10	-6,96E-11	69,12	51,84
23	9,863792173	0,004170933	1,21E-09	6,41E-10	69,12	51,84
24	9,862907146	0,004050711	6,77E-10	1,08E-10	69,12	51,84
25	9,847835049	0,00380521	8,91E-10	9,35E-10	108	81
26	9,868326766	0,00445503	7,16E-10	5,37E-10	92,48	69,36
27	9,864979878	0,003990162	-3,96E-10	6,80E-10	0,344	0,258
28	9,862987863	0,004162227	1,44E-10	-6,96E-11	69,12	51,84
29	9,842829123	0,003751084	5,39E-10	4,49E-10	216	162
30	9,867986979	0,004451353	4,99E-10	-6,96E-11	69,12	51,84
31	9,814116793	0,003439686	4,99E-10	-4,25E-10	69,12	51,84
32	9,866448941	0,004006061	9,72E-10	-3,45E-09	40,32	30,24
33	9,862395865	0,004155817	4,56E-11	-1,43E-10	106,984	80,238
34	9,861180359	0,004032017	3,60E-10	-7,07E-10	172,8	129,6
35	9,864505678	0,003985029	-1,75E-10	-4,86E-10	108	81
36	9,814470646	0,003443536	-2,11E-10	9,96E-10	69,12	51,84
37	9,860762851	0,004027496	7,59E-10	2,14E-10	0,008	0,006
38	9,833366523	0,003648657	7,59E-10	1,28E-09	0,008	0,006
39	9,815319376	0,003452769	-7,87E-10	-6,79E-10	85,744	64,308
40	9,860222027	0,004021639	-1,75E-10	-1,31E-10	108	81
41	9,814922107	0,003448448	4,44E-10	-1,11E-10	62,096	46,572
42	9,815064132	0,003449993	-7,38E-11	-1,44E-10	50,904	38,178
43	9,865058889	0,004073998	3,55E-09	-5,33E-10	0	0
44	9,826041167	0,003569224	-8,85E-10	-8,42E-10	108	81
45	9,815169657	0,003451141	2,67E-09	1,29E-09	108	81
46	9,815697743	0,003456885	-1,75E-10	2,24E-10	108	81
47	9,815261808	0,003452143	7,39E-10	1,09E-09	77,168	57,876
48	9,826269674	0,003571707	1,21E-09	-4,25E-10	69,12	51,84
49	9,815713934	0,003457062	-7,11E-10	3,20E-09	0	0
50	9,865300383	0,004187257	5,36E-10	-1,31E-10	108	81
51	9,866476499	0,004287567	3,58E-10	4,02E-10	108	81
52	9,857535164	0,003909954	1,25E-09	2,24E-10	108	81
53	9,864653682	0,004180258	6,02E-10	9,64E-11	0,216	0,162
54	9,865995924	0,004001159	5,07E-10	5,58E-10	37,496	28,122
55	9,869064417	0,004463011	-3,37E-09	-5,31E-10	108	81
56	9,786431283	0,003364232	9,77E-10	5,55E-10	10,8	8,1

57	9,801155806	0,002317095	-3,41E-09	-4,25E-10	69,12	51,84
58	9,804791246	0,002356691	-1,07E-09	-6,26E-10	44,368	33,276
59	9,80119246	0,002317495	7,15E-09	9,25E-10	0,008	0,006
60	9,801339093	0,002319092	9,07E-10	-2,08E-10	53,696	40,272
61	9,813564742	0,00245214	5,38E-10	4,03E-10	63,456	47,592
62	9,801990417	0,002326188	2,31E-09	1,65E-09	108	81
63	9,813749585	0,002454152	-2,11E-10	9,96E-10	69,12	51,84
64	9,803562543	0,002343311	8,54E-10	-8,69E-10	84,728	63,546
65	9,808122835	0,002392954	2,51E-10	-2,55E-10	107,544	80,658
66	9,814037466	0,002457284	1,21E-09	1,35E-09	69,12	51,84
67	9,810400724	0,002417737	-3,76E-09	-4,20E-10	90,984	68,238
68	9,804264838	0,002350959	2,74E-09	-1,14E-09	46,048	34,536
69	9,806240666	0,00237247	1,36E-09	-6,69E-10	50,672	38,004
70	9,802243376	0,002328943	2,46E-10	-8,81E-10	151,912	113,934
71	9,808366902	0,003377161	1,29E-09	-1,43E-10	106,984	80,238
72	9,806277445	0,003354417	-1,45E-10	2,46E-10	34,232	25,674
73	9,80825462	0,003375938	-2,01E-09	-4,43E-10	105,944	79,458
74	9,807065701	0,003362995	3,56E-10	8,97E-11	43,2	32,4
75	9,807794515	0,00337093	-2,08E-09	-1,21E-09	0,008	0,006
76	9,805283536	0,003343595	1,91E-09	8,07E-10	43,864	32,898
77	9,804729435	0,003337561	-2,92E-09	1,36E-09	38,92	29,19
78	9,804533226	0,003335425	8,93E-10	8,48E-10	72,4	54,3
79	9,805797239	0,003349188	1,40E-09	1,32E-09	117,32	87,99
80	9,807241229	0,003364906	-3,50E-10	-1,42E-09	172,8	129,6
81	9,805731598	0,003348473	-8,12E-11	-2,39E-10	18,576	13,932
82	9,803219296	0,003321115	-8,58E-11	1,35E-10	108	81
83	9,872319374	0,004016352	1,37E-09	-2,53E-09	2,68	2,01
84	9,810335113	0,002417023	8,63E-10	1,14E-10	46,44	34,83
85	9,845406501	0,001846243	6,48E-10	8,41E-10	90,832	68,124
86	9,960338376	-0,000431584	6,29E-10	-2,39E-10	18,576	13,932
87	9,823879507	0,002564181	-9,69E-10	-2,39E-10	18,576	13,932
88	9,819633824	0,002518093	-8,12E-11	2,94E-10	18,576	13,932
89	9,803192107	0,003320818	4,01E-12	4,74E-11	4,648	3,486
90	9,845321511	0,001845321	-4,36E-10	1,17E-10	18,576	13,932
91	9,96036482	-0,000432456	-4,44E-10	7,99E-10	0	0
92	9,810325272	0,002416916	-8,12E-11	4,72E-10	18,576	13,932
93	9,938704251	0,004228645	-2,52E-09	1,11E-10	15,72	11,79
94	9,934228982	0,004180562	-1,60E-09	-4,86E-10	108	81
95	9,934030711	0,004178436	4,63E-10	-2,75E-10	103,136	77,352
96	9,93593306	0,004198879	2,65E-10	-6,90E-10	6,24	4,68
97	9,937830506	0,004219261	6,36E-10	-2,34E-10	56,808	42,606
98	9,931904558	0,004155582	3,56E-10	8,97E-11	43,2	32,4
99	9,932399023	0,004160898	1,06E-09	-2,70E-10	14,672	11,004
100	9,932854868	0,004165798	-9,22E-10	2,86E-10	69,12	51,84
101	9,932010058	0,004156716	-7,14E-10	-2,83E-12	105,456	79,092
102	9,871799279	0,004010726	2,09E-10	1,56E-10	63,168	47,376
103	9,871470149	0,004007164	-2,11E-10	-3,36E-10	69,12	51,84
104	9,870511084	0,004039047	3,60E-10	1,81E-10	172,8	129,6
105	9,935624725	0,004195562	-5,30E-10	-8,42E-10	108	81
106	9,871965568	0,004012525	-1,65E-09	1,81E-10	48,832	36,624
107	9,872011503	0,004021256	5,29E-11	3,97E-11	33,68	25,26
108	9,872198403	0,004015043	3,23E-10	-3,79E-10	19,344	14,508
109	10	-2,30E-18	0,008	0,006	0,008	0,006
110	9,937056029	0,004210941	8,55E-10	2,86E-10	69,12	51,84

111	9,933852336	0,004176514	5,36E-10	5,80E-10	108	81
112	9,938650972	0,004228072	3,34E-10	7,25E-11	33,96	25,47
113	9,933354307	0,004171116	-8,85E-10	-8,42E-10	108	81
114	9,933599182	0,004173793	2,04E-09	8,18E-10	23,952	17,964
115	9,936648535	0,004206565	2,80E-10	1,22E-10	56,808	42,606
116	9,935289178	0,00419196	-1,73E-09	-1,21E-09	0,008	0,006
117	9,878725394	0,004034731	-6,62E-10	-8,52E-10	0,008	0,006
118	9,919444834	0,004155251	1,78E-09	-3,55E-10	0	0
119	9,96620897	0,002323205	5,82E-10	3,65E-11	0,008	0,006
120	9,919364377	0,004157913	-1,26E-09	-5,88E-10	70,76	53,07
121	9,910755624	0,004126274	-3,96E-10	9,46E-10	219,032	164,274
122	9,998206698	0,000122806	-1,45E-08	-1,19E-10	0,008	0,006
123	9,918010173	0,004139807	-4,13E-09	-1,68E-09	43,864	32,898
124	9,786043003	0,003359995	8,39E-10	1,87E-09	43,864	32,898
125	9,917948874	0,004139147	1,29E-10	8,07E-10	43,864	32,898
126	9,917948874	0,004139147	1,29E-10	8,07E-10	43,864	32,898
127	9,785996409	0,003359487	1,29E-10	-6,14E-10	43,864	32,898
128	9,79233578	0,003428623	-2,25E-09	-1,98E-09	69,12	51,84
129	9,787362237	0,0035953	-1,75E-10	4,67E-11	108	81
130	9,786559281	0,00358654	1,81E-09	1,00E-09	55,248	41,436
131	9,785792781	0,003598153	-2,41E-10	2,63E-10	93,784	70,338
132	9,785358255	0,003573435	-8,85E-10	-1,31E-10	108	81
133	9,784750792	0,003682728	1,44E-10	6,36E-11	69,12	51,84
134	9,79037437	0,003407237	-1,28E-09	2,06E-09	69,12	51,84
135	9,784560293	0,003584705	5,82E-10	2,14E-10	0,008	0,006
136	9,786248335	0,00357622	6,14E-10	-7,83E-10	75,16	56,37
137	9,788284472	0,003384448	1,90E-09	5,39E-10	7,328	5,496
138	9,779497577	0,00385891	-1,75E-10	2,69E-10	108	81
139	9,785198509	0,003571692	7,88E-10	5,91E-10	31,112	23,334
140	9,789524286	0,003522822	1,28E-09	-6,08E-11	48,584	36,438
141	9,78389899	0,003577488	-7,60E-10	3,18E-10	136,08	102,06
142	9,778651829	0,003849675	-5,25E-10	-1,27E-10	280,8	210,6
143	9,785159971	0,003564345	8,29E-10	3,55E-10	93,96	70,47
144	9,786463632	0,003364584	1,19E-11	-7,02E-10	17,656	13,242
145	9,786491762	0,003364891	-2,35E-09	-1,05E-09	84,376	63,282
146	9,783726073	0,003575601	4,29E-12	-1,74E-10	33,672	25,254
147	9,784504142	0,003557188	1,25E-09	1,40E-10	73,336	55,002
148	9,786762703	0,003367848	1,77E-09	6,61E-10	45,04	33,78
149	9,784430709	0,003556386	-5,67E-10	-3,27E-09	69,12	51,84
150	9,791172587	0,003415942	-1,95E-09	-1,31E-10	108	81
151	9,790700261	0,003410791	2,96E-10	1,33E-10	90,248	67,686
152	9,786912728	0,003610371	8,27E-11	8,17E-10	53,648	40,236
153	9,788825044	0,003546212	-3,89E-10	4,63E-10	69,12	51,84
154	9,789678332	0,003399649	7,15E-10	-3,52E-10	172,8	129,6
155	9,787517157	0,003590061	1,05E-10	6,12E-10	49,472	37,104
156	9,786121782	0,003581767	-1,95E-09	-6,64E-10	108	81
157	9,918653806	0,004146736	1,11E-09	-1,56E-09	0,008	0,006
158	9,959881343	0,002459032	-1,92E-10	-1,21E-10	2,336	1,752
159	9,85563909	0,001322511	1,14E-09	1,17E-09	0,904	0,678
160	9,958181958	0,002440815	9,79E-10	5,56E-10	46,576	34,932
161	9,955577401	0,002412889	3,60E-10	-7,07E-10	172,8	129,6
162	9,92342732	0,002074844	-2,76E-11	2,37E-11	9,144	6,858
163	9,956341734	0,002421082	-1,50E-10	-3,31E-09	113,616	85,212
164	9,956319107	0,00242084	4,11E-10	8,41E-10	14,448	10,836

165	9,954991833	0,00240661	-5,57E-10	-2,40E-10	33,112	24,834
166	9,900315304	0,001812893	-8,87E-10	3,12E-10	136,936	102,702
167	10	3,32E-17	0,008	0,006	0,008	0,006
168	9,955509514	0,002412161	2,74E-10	4,72E-10	18,576	13,932
169	9,954497359	0,002401306	2,46E-11	9,07E-10	69,568	52,176
170	9,923294607	0,002079233	-8,12E-11	-6,09E-11	18,576	13,932
171	9,957458574	0,002433059	-1,05E-10	-7,89E-10	24,184	18,138
172	9,854693623	0,001312267	-4,33E-10	2,08E-10	90,888	68,166
173	9,95430939	0,00239929	-8,85E-10	-8,42E-10	108	81
174	9,883406682	0,001627928	-9,39E-11	-5,14E-10	64,112	48,084
175	9,855050156	0,00131613	4,84E-10	-6,14E-10	43,864	32,898
176	9,854980647	0,001315377	5,36E-10	2,24E-10	108	81
177	9,867429716	0,001452601	4,81E-12	3,62E-12	172,8	129,6
178	9,855188958	0,001317634	7,59E-10	3,65E-11	0,008	0,006
179	9,855265442	0,001318463	8,55E-10	-6,96E-11	69,12	51,84
180	9,867915154	0,001457854	4,86E-11	3,15E-09	72,904	54,678
181	9,956812262	0,002426133	-5,32E-10	1,02E-09	46,912	35,184
182	9,95634339	0,002421105	1,81E-10	-4,86E-10	108	81
183	9,923661367	0,002067105	5,87E-10	-9,26E-11	56,8	42,6
184	9,956898844	0,002427057	-6,27E-10	-2,58E-11	76,768	57,576
185	9,95557851	0,002412902	9,69E-10	1,08E-09	72,88	54,66
186	9,916828295	0,001992825	4,04E-10	-4,96E-10	0,008	0,006
187	9,956810244	0,002426106	5,55E-10	-2,94E-10	149,04	111,78
188	9,984640836	0,000924775	-1,78E-09	-3,55E-10	0	0
189	9,984834234	0,000926844	-1,07E-09	6,44E-10	0	0
190	9,957687309	0,00243551	-2,84E-09	7,15E-10	117,032	87,774
191	9,958122371	0,002440175	6,29E-10	-2,39E-10	18,576	13,932
192	9,984620207	0,000924555	-7,92E-10	-1,66E-09	18,576	13,932
193	9,788272964	0,003384323	6,29E-10	4,02E-09	18,576	13,932
194	9,790366152	0,003407147	6,29E-10	1,18E-09	18,576	13,932
195	9,984415204	0,000922362	1,34E-09	4,72E-10	18,576	13,932
196	9,957748395	0,002436165	-1,73E-09	9,25E-10	0,008	0,006
197	9,984447438	0,000922707	1,34E-09	-9,49E-10	18,576	13,932
198	9,958135298	0,002440313	2,13E-09	1,51E-09	0	0
199	9,918791735	0,004148221	2,84E-09	-2,84E-09	0	0
200	9,918775512	0,004148046	-5,53E-09	-4,15E-09	46,44	34,83

Solución 4							
NodOrigen	NodDestino	Pérdidas (kW)	Pérdidas (kVAr)	Resistencia	Reactancia	Calibre	Jeconomica
67	65	0,153059518	0,142555433	0,01836	0,0171	2	0,182820417
65	69	0,107485259	0,10010882	0,01785	0,016625	2	0,155389357
69	58	0,075882507	0,070674883	0,014994	0,013965	2	0,142459577
67	84	0,000285711	0,000266103	0,00816	0,0076	2	0,011840047
67	92	0,000131428	0,000122408	0,02346	0,02185	2	0,004736035
59	57	0,000237793	0,00022147	0,00306	0,00285	2	0,017655593
64	70	0,047384625	0,044132739	0,01989	0,018525	2	0,09774884
68	64	0,030810018	0,028695605	0,00867	0,008075	2	0,119380376
58	68	0,025368169	0,023627216	0,005916	0,00551	2	0,13113500

							2
62	60	0,007508379	0,006993099	0,0306	0,0285	2	0,03137255
							0,05895444
70	62	0,005480007	0,005103925	0,006324	0,00589	2	5
							0,01765742
60	59	0,000951381	0,000886091	0,01224	0,0114	2	7
							0,03377778
66	63	0,00357761	0,003332089	0,012546	0,011685	2	1
							0,22259281
66	67	0,297563276	0,277142266	0,024072	0,02242	2	4
							0,01616767
63	61	0,001099502	0,001024046	0,01683	0,015675	2	2
							0,01721871
1	16	0,001855486	0,001728149	0,02448	0,0228	2	1
							0,02573815
6	5	0,001865838	0,001737791	0,01122	0,01045	2	7
							0,03725420
2	6	0,005046275	0,004699962	0,014484	0,01349	2	3
							0,01721671
16	17	0,002473409	0,002303665	0,03264	0,0304	2	5
							0,01491515
1	13	0,000261079	0,000243163	0,00459	0,004275	2	2
							0,02533213
8	7	0,004272144	0,003978959	0,02652	0,0247	2	4
							0,02533406
2	8	0,000657356	0,000612246	0,00408	0,0038	2	4
							0,00661963
7	18	6,73211E-05	6,26997E-05	0,00612	0,0057	2	5
							0,00470241
85	90	0,000147516	0,000137392	0,02652	0,0247	2	6
							0,08998133
9	2	0,061160586	0,056963291	0,03009	0,028025	2	8
							0,27870668
87	88	0,435041726	0,405185921	0,02244	0,0209	2	2
							0,27397963
88	66	0,563705612	0,525019933	0,03009	0,028025	2	8
							0,24224823
50	19	0,026041203	0,024254062	0,02448	0,0228	2	8
							0,12523498
51	50	0,065282243	0,060802089	0,01938	0,01805	2	2
							0,14427171
55	51	0,1590474	0,148132383	0,03264	0,0304	2	2
							0,04071884
55	26	0,011112251	0,010349645	0,02652	0,0247	2	3
							0,01741706
26	30	0,002189418	0,002039164	0,02856	0,0266	2	5
							0,02183851
46	39	0,003040597	0,002831928	0,0255	0,02375	2	9
							0,06190978
50	53	0,014804296	0,013788315	0,0153	0,01425	2	5
							0,06185531
53	23	0,019704341	0,018352082	0,0204	0,019	2	9
							0,04442344
23	28	0,013211334	0,012304673	0,02652	0,0247	2	2
							0,02698872
28	33	0,005907498	0,005502081	0,03213	0,029925	2	1
							0,04934339
20	46	0,014281605	0,013301495	0,02346	0,02185	2	4
							0,08829683
19	43	0,008027415	0,007476513	0,00408	0,0038	2	2
							0,08829684
43	24	0,070239894	0,065419509	0,0357	0,03325	2	9
							0,07086184
24	34	0,045235757	0,042131342	0,0357	0,03325	2	2
							0,02725905
34	37	0,004207086	0,003918364	0,02244	0,0209	2	9
							0,02725703
37	40	0,00544928	0,00507531	0,02907	0,027075	2	6

47	42	0,000943106	0,000878383	0,02244	0,0209	2	0,01296564 5
49	47	0,005427024	0,005054581	0,0204	0,019	2	0,03262013 0,15340516 9
32	19	0,052328953	0,048737749	0,01836	0,0171	2	0,02723337 0,02744700 5
27	35	0,00477592	0,004448161	0,0255	0,02375	2	0,04474651 3
48	44	0,002310425	0,002151866	0,01224	0,0114	2	0,02732010 7
54	22	0,010831302	0,010087977	0,02142	0,01995	2	0,05419867 6
22	27	0,003652858	0,003402171	0,01938	0,01805	2	0,11116106 7
32	54	0,009080703	0,008457518	0,01224	0,0114	2	0,01760879 6
20	49	0,031509195	0,029346799	0,0102	0,0095	2	0,03521631 8
36	31	0,002292574	0,00213524	0,02958	0,02755	2	0,05103308 1
41	36	0,005849804	0,005448346	0,01887	0,017575	2	0,07854094 5
45	41	0,004648371	0,004329365	0,00714	0,00665	2	0,38181980 3
49	45	0,015729404	0,014649934	0,0102	0,0095	2	0,42683398 0,42683195 2
48	20	1,374098096	1,279797246	0,03774	0,03515	2	0,53613720 9
29	38	1,485655711	1,383698946	0,03264	0,0304	2	0,48154039 4
38	48	1,11423116	1,037764315	0,02448	0,0228	2	0,50886575 6
21	52	0,806951739	0,751572698	0,01122	0,01045	2	0,57973530 6
25	29	0,886994751	0,826122561	0,0153	0,01425	2	0,22120134 0,02702223 5
52	25	1,816598362	1,691929848	0,02805	0,026125	2	0,05510709 1
32	21	1,02997815	0,959293375	0,01224	0,0114	2	0,01102133 1
20	71	0,66011943	0,614817117	0,05406	0,05035	2	0,05510505 4
71	73	0,001115683	0,001039115	0,00612	0,0057	2	0,11178514 4
71	75	0,011597396	0,010801498	0,0153	0,01425	2	0,03467927 3
80	74	0,000711275	0,000662462	0,02346	0,02185	2	0,06837109 2
75	80	0,011209986	0,010440672	0,01479	0,013775	2	0,0571763 0,02876169 4
71	72	0,085856703	0,079964576	0,02754	0,02565	2	0,00474045 9
72	79	0,006122074	0,005701931	0,0204	0,019	2	0,04724215 7
72	76	0,02497734	0,023263208	0,02142	0,01995	2	0,00118675 4
76	77	0,011644529	0,010845395	0,01428	0,0133	2	0,02685717 1
78	82	0,013889089	0,012935916	0,06732	0,0627	2	0,03281318 9
79	81	0,000114392	0,000106541	0,0204	0,019	2	0,00843607
77	78	0,003406883	0,003173076	0,00612	0,0057	2	
82	89	1,1859E-05	1,10452E-05	0,033762	0,031445	2	
114	113	0,002449172	0,002281092	0,01326	0,01235	2	
111	114	0,003093492	0,002881194	0,01122	0,01045	2	
93	112	0,000167472	0,000155979	0,00918	0,00855	2	

							3
105	94	0,044973442	0,041887029	0,02346	0,02185	2	0,08652010 9
94	111	0,008369468	0,007795093	0,00918	0,00855	2	0,05966766 9
93	110	0,080136335	0,074636783	0,01836	0,0171	2	0,13054077 9
110	105	0,060431382	0,056284131	0,01836	0,0171	2	0,11336500 2
106	102	0,000978843	0,000911667	0,0153	0,01425	2	0,01590496 6
83	106	0,003692578	0,003439167	0,01836	0,0171	2	0,02819988 2
115	96	0,022650498	0,021096051	0,01224	0,0114	2	0,08501428 2
95	100	0,02531472	0,023577435	0,02958	0,02755	2	0,05781724 8
100	99	0,006895829	0,006422586	0,01632	0,0152	2	0,04062692 7
99	101	0,005355558	0,004988021	0,0153	0,01425	2	0,03697763 4
101	98	0,000422134	0,000393165	0,01428	0,0133	2	0,01074599 9
116	95	0,039112631	0,036428431	0,02193	0,020425	2	0,08346135 3
96	116	0,020012067	0,01863869	0,01122	0,01045	2	0,08346333 9
93	97	0,03685072	0,034321749	0,01122	0,01045	2	0,11324593
97	115	0,043634965	0,040640409	0,01734	0,01615	2	0,09913178 4
141	146	0,000547453	0,000509883	0,02958	0,02755	2	0,00863153 9
135	141	0,010554843	0,009830492	0,02244	0,0209	2	0,04351332 9
152	131	0,027749548	0,025845168	0,02448	0,0228	2	0,06754599 8
131	135	0,019672244	0,018322189	0,04182	0,03895	2	0,04351537 9
148	56	0,003069565	0,002858909	0,01938	0,01805	2	0,02524478 6
56	124	0,003202024	0,002982277	0,0255	0,02375	2	0,02247782 9
123	126	0,000249392	0,000232278	0,00816	0,0076	2	0,01094189
124	127	0,000192124	0,000178937	0,00612	0,0057	2	0,01123904 6
118	199	0,010784766	0,010044635	0,02142	0,01995	2	0,04441011 9
199	200	6,98662E-05	6,50743E-05	0,00204	0,0019	2	0,01158119 3
199	157	0,001683594	0,001568053	0,00612	0,0057	2	0,03282754 1
157	123	0,007855823	0,007316698	0,02856	0,0266	2	0,03282557 1
198	191	2,21888E-05	2,06626E-05	0,00408	0,0038	2	0,00459759 1
198	196	0,004183363	0,003896269	0,01938	0,01805	2	0,02896314 6
158	198	0,021875179	0,020373941	0,07548	0,0703	2	0,03355962 5
196	190	0,000660441	0,000615117	0,00306	0,00285	2	0,02896117 9
158	160	0,066669572	0,062094209	0,02346	0,02185	2	0,10509818 9
160	171	0,011577085	0,010782579	0,02448	0,0228	2	0,04287340 9
171	187	0,00892741	0,008314743	0,0255	0,02375	2	0,03688847 7



178	175	0,000568318	0,000529316	0,01836	0,0171	2	0,011082016
160	184	0,024282905	0,022616431	0,03672	0,0342	2	0,050700055
184	163	0,006591966	0,006139576	0,0255	0,02375	2	0,031699763
163	164	3,02052E-05	2,81318E-05	0,00918	0,00855	2	0,003576343
178	172	0,00420251	0,003914103	0,03162	0,02945	2	0,022964055
159	178	0,005662385	0,00527379	0,01938	0,01805	2	0,0340481
158	181	0,178619792	0,166361571	0,02856	0,0266	2	0,155935106
181	185	0,032328714	0,030110077	0,0255	0,02375	2	0,070212033
185	165	0,011422201	0,010638324	0,01632	0,0152	2	0,052169252
165	169	0,00811411	0,00755726	0,01632	0,0152	2	0,043970794
169	173	0,001876055	0,001747305	0,0102	0,0095	2	0,026744222
159	179	0,006177537	0,005753589	0,01224	0,0114	2	0,0447481
179	176	0,002871094	0,002674059	0,0153	0,01425	2	0,027286042
161	168	0,000116525	0,000108528	0,02142	0,01995	2	0,004598923
182	161	0,013545363	0,01261578	0,02346	0,02185	2	0,047378734
181	182	0,012970002	0,012079904	0,00918	0,00855	2	0,074112021
180	177	0,007820231	0,007283549	0,01632	0,0152	2	0,043547575
130	156	0,010163111	0,009465641	0,0102	0,0095	2	0,063320001
129	130	0,022822565	0,02125631	0,0153	0,01425	2	0,077474173
156	132	0,009985293	0,009300027	0,03162	0,02945	2	0,035648611
132	139	0,000467234	0,000435169	0,02958	0,02755	2	0,007972907
136	143	0,024190699	0,022530552	0,02652	0,0247	2	0,060590748
143	147	0,008783762	0,008180955	0,02652	0,0247	2	0,036511912
155	136	0,037165923	0,034615321	0,02346	0,02185	2	0,079847476
147	149	0,000477208	0,000444456	0,00612	0,0057	2	0,017715788
138	142	0,022341142	0,020807926	0,01734	0,01615	2	0,072055555
128	150	0,079823656	0,074345564	0,00918	0,00855	2	0,186993641
145	144	4,66855E-05	4,34824E-05	0,00918	0,00855	2	0,004523299
148	145	0,002598547	0,002420216	0,0153	0,01425	2	0,026140329
151	134	0,002685348	0,00250106	0,02142	0,01995	2	0,022449652
134	194	1,43444E-05	1,33639E-05	0,00255	0,002375	2	0,004755535
150	151	0,00789705	0,007355097	0,0153	0,01425	2	0,045551051
189	188	0,000992991	0,000924844	0,0204	0,019	2	0,013716705
188	197	0,000662002	0,00061657	0,0306	0,0285	2	0,009144579
197	195	5,51672E-05	5,13808E-05	0,0102	0,0095	2	0,004572327

188	192	3,53026E-05	3,28825E-05	0,006528	0,00608	2	0,00457175 2
137	148	0,035131919	0,032720905	0,0357	0,03325	2	0,06292360 1
154	137	0,035572256	0,033131023	0,02958	0,02755	2	0,06955771 1
137	193	2,00913E-05	1,87129E-05	0,00357	0,003325	2	0,00475768 9
150	154	0,062397478	0,058115298	0,01938	0,01805	2	0,11379975 1
117	83	1,960117951	1,825600053	0,01122	0,01045	2	0,84776643 2
123	125	0,000249392	0,000232278	0,00816	0,0076	2	0,01094189 0,53667451 9
201	91	7,843125648	7,304871927	0,108528	0,10108	2	0,53208087 9
91	1	6,75871353	6,294880248	0,095166	0,088635	2	0,01157629 1,25967861 1
91	86	6,14563E-05	2,0804E-05	0,011308	0,003828	1	1,23211183 4
1	12	1,770386721	0,599313793	0,02827	0,00957	1	1,18846502 9
3	11	3,539956513	1,198351038	0,05911	0,02001	1	1,14849986 1
11	14	5,15244117	1,744211602	0,09252	0,03132	1	1,23211686 6
14	10	6,079266522	2,057961819	0,116935	0,039585	1	0,06978214 4
12	3	2,385642544	0,807591055	0,039835	0,013485	1	1,00984107 4
10	85	0,005950679	0,002014432	0,03084	0,01044	1	0,71413147 0,74539711 8
10	9	1,651510462	0,559071635	0,04112	0,01392	1	0,60945219 9
9	87	1,932384384	0,654153469	0,096375	0,032625	1	0,60945023 5
83	32	1,573700717	1,465701648	0,01173	0,010925	2	0,60945119 4
201	122	1,311812537	0,122178618	0,00357	0,0003325	3	0,04446112 0,96384231 1
119	93	20,16429952	1,878047504	0,054876	0,005111	3	0,90213546 0,84776848 9
122	119	23,42514659	2,181753849	0,06375	0,0059375	3	0,10965430 9
118	120	0,000715201	0,00024211	0,008995	0,003045	1	0,06092516 4
93	118	6,724489916	6,263005314	0,02958	0,02755	2	0,02136594 3
118	121	2,834371832	2,639856119	0,01428	0,0133	2	0,01335006 2
121	117	9,800637085	9,128044343	0,0561	0,05225	2	0,20481710 4
103	104	0,02092234	0,00708266	0,04369	0,01479	1	0,56937145 4
83	103	0,019146542	0,017832563	0,0204	0,019	2	0,84362151 1
108	107	0,000794575	0,00026898	0,04369	0,01479	1	0,82256474 0,82256274 6
83	108	0,000597711	0,000556692	0,01326	0,01235	2	0,78828557 9
140	152	0,105492206	0,035711369	0,06425	0,02175	1	0,77218198
189	158	16,64211737	1,550001128	0,051	0,00475	3	
158	183	11,23703018	10,46586145	0,06324	0,0589	2	
183	186	2,066435493	1,924621292	0,01224	0,0114	2	
186	166	4,993861262	4,651145293	0,02958	0,02755	2	
166	174	4,898466139	4,562296895	0,03162	0,02945	2	
174	180	4,395573305	4,093916314	0,02958	0,02755	2	

							7
180	159	3,202077576	2,982327154	0,0255	0,02375	2	0,71026705
162	170	0,000309577	0,000104798	0,05654	0,01914	1	0,01166276 5
183	162	0,0008147	0,000275793	0,06682	0,02262	1	0,01740359 7
159	128	19,85121576	6,720061366	0,20046	0,06786	1	1,59049324 2
128	140	0,27785518	0,094059925	0,02827	0,00957	1	0,50106734 2
140	129	0,112972253	0,038243526	0,04112	0,01392	1	0,26490788 3
128	153	0,397120201	0,134433687	0,03084	0,01044	1	0,57371055 9
153	155	0,060133337	0,020356422	0,02827	0,00957	1	0,23311262
133	138	0,260261954	0,088104241	0,10537	0,03567	1	0,25136724 1
153	133	0,237705224	0,080468305	0,06939	0,02349	1	0,29600117 6
201	189	10,23066855	0,952856385	0,0306	0,00285	3	0,57622844 4
202	55	0,313980303	0,029243264	0,0306	0,00285	3	0,100709229

Solución 5						
Nodo	Tensión (kV)	Ángulo	Pgenerada (kW)	Qgenerada (kVAr)	Pload (kW)	Qload (kVAr)
201	10	0	11447,0547	8934,099923	0	0
202	9,845186438	0,004621252	950	312,2499	0	0
1	9,925912529	-0,000811255	1,51E-09	3,29E-09	0	0
2	9,83572557	0,002087273	-3,02E-09	5,80E-10	108	81
3	9,909022668	-0,000257349	2,26E-10	-1,41E-10	0,008	0,006
4	10	-1,13E-18	0,008	0,006	0,008	0,006
5	9,835161603	0,002081151	-1,07E-10	-9,68E-10	101,464	76,098
6	9,835358209	0,002083285	1,65E-09	2,83E-09	45,4	34,05
7	9,835197824	0,002081544	-3,85E-10	-3,22E-09	73,768	55,326
8	9,835655199	0,002086509	-1,37E-09	9,25E-10	0,008	0,006
9	9,837568932	0,002107281	-1,24E-09	-1,31E-10	108	81
10	9,845836227	0,00183192	3,01E-12	-8,66E-11	108	81
11	9,894502096	0,000220407	-3,36E-11	-1,14E-10	69,12	51,84
12	9,918809584	-0,000578527	4,84E-10	-8,11E-11	43,864	32,898
13	9,92586549	-0,000811761	1,59E-09	-1,65E-09	59,888	44,916
14	9,872589009	0,000944021	1,24E-10	4,48E-12	63,008	47,256
15	10	-2,45E-17	0,008	0,006	0,008	0,006
16	9,925622929	-0,00081437	4,04E-10	5,69E-10	0,008	0,006
17	9,925236841	-0,000818524	-2,11E-10	-2,47E-10	69,12	51,84
18	9,835170242	0,002081244	8,57E-10	6,43E-10	26,096	19,572
19	9,863171977	0,003963712	-2,58E-09	-5,10E-10	10,8	8,1
20	9,837134819	0,004415123	1,66E-09	-8,96E-11	0,448	0,336
21	9,863351442	0,004021052	7,15E-10	1,07E-09	172,8	129,6
22	9,865518106	0,003989085	4,99E-10	2,86E-10	69,12	51,84
23	9,858579474	0,003913996	-9,22E-10	-4,25E-10	69,12	51,84
24	9,860773801	0,003937753	6,77E-10	6,41E-10	69,12	51,84
25	9,85453725	0,004103554	-1,75E-10	2,24E-10	108	81
26	9,856572616	0,00389226	5,22E-12	5,37E-10	92,48	69,36
27	9,865156573	0,003985172	-4,10E-11	3,25E-10	0,344	0,258
28	9,857774739	0,00390528	8,55E-10	-6,96E-11	69,12	51,84
29	9,8514693	0,004139704	-3,49E-10	-7,95E-10	216	162

30	9,856232424	0,003888574	4,99E-10	-6,96E-11	69,12	51,84
31	9,83477231	0,004389477	4,99E-10	2,86E-10	69,12	51,84
32	9,866625609	0,004001071	1,68E-09	4,63E-10	40,32	30,24
33	9,857182428	0,003898864	4,56E-11	2,12E-10	106,984	80,238
34	9,859046641	0,003919051	-8,83E-10	-1,42E-09	172,8	129,6
35	9,864682381	0,00398004	-5,30E-10	2,24E-10	108	81
36	9,83512542	0,00439331	-9,22E-10	-6,96E-11	69,12	51,84
37	9,858629042	0,003914528	-6,62E-10	-1,41E-10	0,008	0,006
38	9,846139953	0,004230074	-3,07E-10	7,47E-10	0,008	0,006
39	9,84214336	0,004691917	1,34E-09	7,59E-11	85,744	64,308
40	9,858088101	0,003908669	1,81E-10	-4,86E-10	108	81
41	9,835575933	0,004398201	8,84E-11	2,38E-09	62,096	46,572
42	9,835717659	0,00439974	2,81E-10	-4,99E-10	50,904	38,178
43	9,86292601	0,00396105	3,55E-10	-8,88E-10	0	0
44	9,841914891	0,00429544	-8,85E-10	-1,31E-10	108	81
45	9,835822963	0,004400883	-1,75E-10	-8,42E-10	108	81
46	9,839306848	0,004545316	-5,30E-10	-4,86E-10	108	81
47	9,83591492	0,004401881	7,39E-10	2,11E-11	77,168	57,876
48	9,84214303	0,004297915	-3,36E-11	-4,25E-10	69,12	51,84
49	9,836366096	0,004406779	-1,07E-09	7,11E-10	0	0
50	9,860088482	0,003930337	-1,24E-09	-1,31E-10	108	81
51	9,858827529	0,003916683	-3,52E-10	-1,31E-10	108	81
52	9,860684003	0,004042994	8,91E-10	-8,42E-10	108	81
53	9,859441439	0,003923331	-1,08E-10	-2,59E-10	0,216	0,162
54	9,866172601	0,003996169	8,62E-10	2,03E-10	37,496	28,122
55	9,857311147	0,00390026	-3,52E-10	4,67E-11	108	81
56	9,786431283	0,003364232	1,33E-09	-1,55E-10	10,8	8,1
57	9,801155806	0,002317095	-5,67E-10	-4,25E-10	69,12	51,84
58	9,804791246	0,002356691	-1,78E-09	7,95E-10	44,368	33,276
59	9,80119246	0,002317495	2,18E-09	3,77E-09	0,008	0,006
60	9,801339093	0,002319092	9,07E-10	6,80E-10	53,696	40,272
61	9,813564742	0,00245214	-1,73E-10	4,03E-10	63,456	47,592
62	9,801990417	0,002326188	1,25E-09	1,29E-09	108	81
63	9,813749585	0,002454152	4,99E-10	-1,14E-09	69,12	51,84
64	9,803562543	0,002343311	8,54E-10	-5,14E-10	84,728	63,546
65	9,808122835	0,002392954	6,07E-10	-2,55E-10	107,544	80,658
66	9,814037466	0,002457284	-2,11E-10	6,41E-10	69,12	51,84
67	9,810400724	0,002417737	-2,05E-10	1,36E-09	90,984	68,238
68	9,804264838	0,002350959	2,03E-09	-1,85E-09	46,048	34,536
69	9,806240666	0,00237247	1,00E-09	-3,13E-10	50,672	38,004
70	9,802243376	0,002328943	-1,89E-09	-1,71E-10	151,912	113,934
71	9,829034523	0,004327213	-1,55E-09	-1,21E-09	106,984	80,238
72	9,826949463	0,004304565	1,99E-09	-1,09E-10	34,232	25,674
73	9,828922477	0,004325996	-5,91E-10	-4,43E-10	105,944	79,458
74	9,827736059	0,004313107	3,56E-10	8,97E-11	43,2	32,4
75	9,82846334	0,004321008	-2,08E-09	-1,92E-09	0,008	0,006
76	9,825957645	0,004293789	-5,82E-10	-6,14E-10	43,864	32,898
77	9,825404711	0,00428778	-7,86E-10	6,54E-10	38,92	29,19
78	9,825208915	0,004285653	-1,72E-10	1,56E-09	72,4	54,3
79	9,826470267	0,004299358	1,40E-09	2,51E-10	117,32	87,99
80	9,827911217	0,00431501	-3,50E-10	-3,52E-10	172,8	129,6
81	9,826404764	0,004298646	-8,12E-11	1,17E-10	18,576	13,932
82	9,823897751	0,004271403	-2,63E-10	-2,20E-10	108	81
83	9,872485398	0,004011361	1,72E-09	1,74E-09	2,68	2,01

84	9,810335113	0,002417023	-5,58E-10	-5,96E-10	46,44	34,83
85	9,845406501	0,001846243	2,92E-10	3,08E-10	90,832	68,124
86	9,960338376	-0,000431584	6,29E-10	1,17E-10	18,576	13,932
87	9,823879507	0,002564181	-7,92E-10	-1,50E-10	18,576	13,932
88	9,819633824	0,002518093	6,29E-10	-5,94E-10	18,576	13,932
89	9,823870618	0,004271108	4,01E-12	2,25E-10	4,648	3,486
90	9,845321511	0,001845321	-8,12E-11	1,17E-10	18,576	13,932
91	9,96036482	-0,000432456	-2,04E-09	-3,55E-10	0	0
92	9,810325272	0,002416916	-8,12E-11	-2,39E-10	18,576	13,932
93	9,938769222	0,004223651	5,65E-09	1,15E-09	15,72	11,79
94	9,934293982	0,004175569	3,38E-09	2,00E-09	108	81
95	9,934095713	0,004173443	-2,48E-10	-1,34E-09	103,136	77,352
96	9,93599805	0,004193885	-2,58E-09	2,09E-11	6,24	4,68
97	9,937895483	0,004214267	9,91E-10	-2,34E-10	56,808	42,606
98	9,931969573	0,004150589	-3,54E-10	8,97E-11	43,2	32,4
99	9,932464036	0,004155905	-1,07E-09	4,41E-10	14,672	11,004
100	9,932919877	0,004160805	-1,63E-09	2,86E-10	69,12	51,84
101	9,932075073	0,004151723	-3,77E-12	-2,83E-12	105,456	79,092
102	9,871965311	0,004005736	2,09E-10	8,67E-10	63,168	47,376
103	9,871636187	0,004002174	1,57E-09	-6,96E-11	69,12	51,84
104	9,870677138	0,004034055	4,81E-12	-8,52E-11	172,8	129,6
105	9,935689717	0,004190569	-8,85E-10	-1,31E-10	108	81
106	9,872131598	0,004007534	-2,01E-09	-8,84E-10	48,832	36,624
107	9,872177532	0,004016265	5,29E-11	3,97E-11	33,68	25,26
108	9,872364429	0,004010053	3,23E-10	-6,46E-10	19,344	14,508
109	10	6,21E-18	0,008	0,006	0,008	0,006
110	9,937121011	0,004205947	1,44E-10	-7,80E-10	69,12	51,84
111	9,933917339	0,004171521	-8,85E-10	-1,55E-09	108	81
112	9,938715944	0,004223079	3,34E-10	-6,38E-10	33,96	25,47
113	9,933419313	0,004166168	-1,75E-10	-8,42E-10	108	81
114	9,933664187	0,0041688	6,17E-10	-1,31E-09	23,952	17,964
115	9,93671352	0,004201572	-7,85E-10	1,54E-09	56,808	42,606
116	9,935354171	0,004186967	-1,37E-09	-1,56E-09	0,008	0,006
117	9,878881223	0,00402974	-6,62E-10	5,69E-10	0,008	0,006
118	9,919536706	0,004150258	2,49E-09	7,11E-10	0	0
119	9,966244816	0,002320468	5,82E-10	-9,68E-11	0,008	0,006
120	9,91945625	0,00415292	1,63E-10	1,23E-10	70,76	53,07
121	9,910860477	0,004121282	-2,19E-10	-1,01E-09	219,032	164,274
122	9,998208602	0,000122662	-1,73E-09	-1,41E-10	0,008	0,006
123	9,918102059	0,004134814	-2,00E-09	-1,32E-09	43,864	32,898
124	9,786043003	0,003359995	-2,27E-10	-2,75E-09	43,864	32,898
125	9,918040761	0,004134154	-1,29E-09	8,07E-10	43,864	32,898
126	9,918040761	0,004134154	1,29E-10	9,65E-11	43,864	32,898
127	9,785996409	0,003359487	1,29E-10	8,07E-10	43,864	32,898
128	9,79233578	0,003428623	1,83E-09	5,52E-10	69,12	51,84
129	9,787362237	0,0035953	-1,75E-10	6,68E-10	108	81
130	9,786559281	0,00358654	3,92E-10	6,49E-10	55,248	41,436
131	9,785792781	0,003598153	6,47E-10	8,57E-11	93,784	70,338
132	9,785358255	0,003573435	1,81E-10	4,02E-10	108	81
133	9,784750792	0,003682728	6,77E-10	6,36E-11	69,12	51,84
134	9,79037437	0,003407237	1,57E-09	3,48E-09	69,12	51,84
135	9,784560293	0,003584705	4,86E-11	3,65E-11	0,008	0,006
136	9,786248335	0,00357622	1,32E-09	-7,83E-10	75,16	56,37
137	9,788284472	0,003384448	2,26E-09	-7,04E-10	7,328	5,496

138	9,779497577	0,00385891	3,58E-10	7,57E-10	108	81
139	9,785198509	0,003571692	7,79E-11	-1,19E-10	31,112	23,334
140	9,789524286	0,003522822	9,26E-10	2,06E-10	48,584	36,438
141	9,78389899	0,003577488	1,02E-09	1,03E-09	136,08	102,06
142	9,778651829	0,003849675	5,41E-10	-1,27E-10	280,8	210,6
143	9,785159971	0,003564345	4,73E-10	3,55E-10	93,96	70,47
144	9,786463632	0,003364584	1,43E-09	7,19E-10	17,656	13,242
145	9,786491762	0,003364891	1,20E-09	7,24E-10	84,376	63,282
146	9,783726073	0,003575601	4,29E-12	-1,74E-10	33,672	25,254
147	9,784504142	0,003557188	1,87E-10	-2,35E-09	73,336	55,002
148	9,786762703	0,003367848	2,30E-09	1,19E-09	45,04	33,78
149	9,784430709	0,003556386	-5,67E-10	-4,25E-10	69,12	51,84
150	9,791172587	0,003415942	-1,24E-09	2,24E-10	108	81
151	9,790700261	0,003410791	2,07E-09	4,88E-10	90,248	67,686
152	9,786912728	0,003610371	8,27E-11	3,73E-10	53,648	40,236
153	9,788825044	0,003546212	1,03E-09	4,63E-10	69,12	51,84
154	9,789678332	0,003399649	4,81E-12	-1,06E-09	172,8	129,6
155	9,787517157	0,003590061	1,05E-10	7,88E-11	49,472	37,104
156	9,786121782	0,003581767	-1,24E-09	-1,31E-10	108	81
157	9,918745686	0,004141743	1,11E-09	1,64E-09	0,008	0,006
158	9,959881343	0,002459032	-7,24E-10	-1,36E-09	2,336	1,752
159	9,85563909	0,001322511	1,14E-09	1,06E-09	0,904	0,678
160	9,958181958	0,002440815	2,68E-10	7,34E-10	46,576	34,932
161	9,955577401	0,002412889	3,60E-10	3,62E-12	172,8	129,6
162	9,92342732	0,002074844	1,50E-10	2,37E-11	9,144	6,858
163	9,956341734	0,002421082	-8,60E-10	-2,24E-09	113,616	85,212
164	9,956319107	0,00242084	-1,01E-09	1,30E-10	14,448	10,836
165	9,954991833	0,00240661	-5,57E-10	8,26E-10	33,112	24,834
166	9,900315304	0,001812893	-5,32E-10	-3,99E-10	136,936	102,702
167	10	1,18E-17	0,008	0,006	0,008	0,006
168	9,955509514	0,002412161	-4,36E-10	-2,39E-10	18,576	13,932
169	9,954497359	0,002401306	-6,86E-10	1,96E-10	69,568	52,176
170	9,923294607	0,002079233	-2,59E-10	2,79E-11	18,576	13,932
171	9,957458574	0,002433059	-1,05E-10	-7,89E-10	24,184	18,138
172	9,854693623	0,001312267	2,77E-10	2,08E-10	90,888	68,166
173	9,95430939	0,00239929	5,36E-10	-1,31E-10	108	81
174	9,883406682	0,001627928	6,17E-10	1,96E-10	64,112	48,084
175	9,855050156	0,00131613	1,29E-10	8,07E-10	43,864	32,898
176	9,854980647	0,001315377	5,36E-10	1,29E-09	108	81
177	9,867429716	0,001452601	7,15E-10	-3,52E-10	172,8	129,6
178	9,855188958	0,001317634	-2,44E-09	-2,10E-09	0,008	0,006
179	9,855265443	0,001318463	-1,28E-09	-1,49E-09	69,12	51,84
180	9,867915154	0,001457854	-3,07E-10	1,72E-09	72,904	54,678
181	9,956812262	0,002426133	5,34E-10	-4,36E-11	46,912	35,184
182	9,95634339	0,002421105	-5,30E-10	-8,42E-10	108	81
183	9,923661367	0,002067105	4,09E-10	-1,81E-10	56,8	42,6
184	9,956898844	0,002427057	-9,82E-10	-5,59E-10	76,768	57,576
185	9,95557851	0,002412902	6,13E-10	7,26E-10	72,88	54,66
186	9,916828295	0,001992825	-1,02E-09	1,64E-09	0,008	0,006
187	9,956810244	0,002426106	-1,56E-10	6,08E-11	149,04	111,78
188	9,984640836	0,000924775	1,07E-09	-2,13E-09	0	0
189	9,984834234	0,000926844	-7,11E-10	6,66E-11	0	0
190	9,957687309	0,00243551	2,85E-09	3,56E-09	117,032	87,774
191	9,958122371	0,002440175	3,47E-09	-2,39E-10	18,576	13,932

192	9,984620207	0,000924555	-2,21E-09	-2,39E-10	18,576	13,932
193	9,788272964	0,003384323	6,29E-10	4,02E-09	18,576	13,932
194	9,790366152	0,003407147	3,47E-09	1,18E-09	18,576	13,932
195	9,984415204	0,000922362	-8,12E-11	-2,39E-10	18,576	13,932
196	9,957748395	0,002436165	-8,12E-09	2,14E-10	0,008	0,006
197	9,984447438	0,000922707	2,76E-09	-5,94E-10	18,576	13,932
198	9,958135298	0,002440313	7,99E-10	4,00E-09	0	0
199	9,918883614	0,004143228	5,68E-09	5,68E-09	0	0

Solución 5							
NodOrigen	NodDestino	Pérdidas (kW)	Pérdidas (kVAr)	Resistencia	Reactancia	Calibre	Jeconomica
67	65	0,153059518	0,142555433	0,01836	0,0171	2	0,182820417
65	69	0,107485259	0,10010882	0,01785	0,016625	2	0,155389357
69	58	0,075882506	0,070674883	0,014994	0,013965	2	0,142459567
67	84	0,000285711	0,000266105	0,00816	0,0076	2	0,011840047
67	92	0,000131427	0,000122408	0,02346	0,02185	2	0,004736022
59	57	0,000237793	0,00022147	0,00306	0,00285	2	0,017655593
64	70	0,047384625	0,044132739	0,01989	0,018525	2	0,097748841
68	64	0,030810017	0,028695605	0,00867	0,008075	2	0,119380373
58	68	0,025368169	0,023627214	0,005916	0,00551	2	0,131135002
62	60	0,00750838	0,006993099	0,0306	0,0285	2	0,031372552
70	62	0,005480005	0,005103927	0,006324	0,00589	2	0,05895443
60	59	0,000951382	0,00088609	0,01224	0,0114	2	0,01765744
66	63	0,00357761	0,003332088	0,012546	0,011685	2	0,033777775
66	67	0,297563275	0,277142266	0,024072	0,02242	2	0,222592814
63	61	0,001099502	0,001024046	0,01683	0,015675	2	0,016167672
1	16	0,001855486	0,001728149	0,02448	0,0228	2	0,017218704
6	5	0,001865838	0,00173779	0,01122	0,01045	2	0,025736117
2	6	0,005046275	0,004699962	0,014484	0,01349	2	0,03725218
16	17	0,002473409	0,002303665	0,03264	0,0304	2	0,017216713
1	13	0,000261083	0,000243165	0,00459	0,004275	2	0,014915396
8	7	0,004272144	0,003978958	0,02652	0,0247	2	0,02533213
2	8	0,000657357	0,000612246	0,00408	0,0038	2	0,025334119
7	18	6,73211E-05	6,26997E-05	0,00612	0,0057	2	0,006619635
85	90	0,000147516	0,000137392	0,02652	0,0247	2	0,004702416
9	2	0,061160586	0,056963291	0,03009	0,028025	2	0,089979313
87	88	0,435041726	0,405185921	0,02244	0,0209	2	0,278706682
88	66	0,563705612	0,525019933	0,03009	0,028025	2	0,27397963

							8
19	50	0,210351351	0,195915473	0,02448	0,0228	2	0,184586967
50	51	0,044434056	0,041384661	0,01938	0,01805	2	0,095353903
51	55	0,038153968	0,035535559	0,03264	0,0304	2	0,068089155
55	26	0,01113877	0,010374345	0,02652	0,0247	2	0,040816017
26	30	0,002194642	0,00204403	0,02856	0,0266	2	0,017458627
39	46	0,212663712	0,198069144	0,0255	0,02375	2	0,183361261
50	53	0,01481996	0,013802903	0,0153	0,01425	2	0,061975286
53	23	0,019725187	0,018371498	0,0204	0,019	2	0,061920759
23	28	0,013225311	0,012317692	0,02652	0,0247	2	0,04447044
28	33	0,005913748	0,005507903	0,03213	0,029925	2	0,027017276
46	20	0,145133055	0,135172943	0,02346	0,02185	2	0,160247237
19	43	0,008030889	0,007479751	0,00408	0,0038	2	0,08833505
43	24	0,0702703	0,065447828	0,0357	0,03325	2	0,088335072
24	34	0,04525534	0,042149581	0,0357	0,03325	2	0,070892518
34	37	0,004208907	0,00392006	0,02244	0,0209	2	0,027270858
37	40	0,005451639	0,005077507	0,02907	0,027075	2	0,027268837
47	42	0,000939148	0,000874697	0,02244	0,0209	2	0,012911235
49	47	0,005404256	0,005033376	0,0204	0,019	2	0,032483279
32	19	0,351841147	0,327695185	0,01836	0,0171	2	0,275646117
27	35	0,004775749	0,004448002	0,0255	0,02375	2	0,027232392
48	44	0,002302978	0,00214493	0,01224	0,0114	2	0,027358535
54	22	0,010830914	0,010087616	0,02142	0,01995	2	0,04474491
22	27	0,003652727	0,003402049	0,01938	0,01805	2	0,027319129
32	54	0,009080379	0,008457214	0,01224	0,0114	2	0,054196743
20	49	0,031376999	0,029223676	0,0102	0,0095	2	0,110694694
36	31	0,002282953	0,00212628	0,02958	0,02755	2	0,017534903
41	36	0,005825257	0,005425485	0,01887	0,017575	2	0,035068547
45	41	0,00462887	0,004311202	0,00714	0,00665	2	0,050818995
49	45	0,015663408	0,014588468	0,0102	0,0095	2	0,07821141
48	20	0,374759858	0,349041044	0,03774	0,03515	2	0,223572163
29	38	0,478955074	0,446085608	0,03264	0,0304	2	0,263470201
38	48	0,359210503	0,334558802	0,02448	0,0228	2	0,263468358
21	52	0,341818097	0,318359992	0,01122	0,01045	2	0,36615067
25	29	0,333864213	0,310951964	0,0153	0,01425	2	0,314203961
52	25	0,728090993	0,678123964	0,02805	0,026125	2	0,340077651



32	21	0,470696813	0,43839409	0,01224	0,0114	2	0,40820230 3
20	71	0,657345086	0,612233167	0,05406	0,05035	2	0,22027167 7
71	73	0,001110998	0,001034749	0,00612	0,0057	2	0,02690875 5
71	75	0,011548664	0,010756109	0,0153	0,01425	2	0,05487553 3
80	74	0,000708286	0,000659679	0,02346	0,02185	2	0,01097501 2
75	80	0,011162882	0,010396801	0,01479	0,013775	2	0,05487350 4
71	72	0,085495758	0,079628402	0,02754	0,02565	2	0,11131519 5
72	79	0,006096341	0,005677964	0,0204	0,019	2	0,03453350 9
72	76	0,024872319	0,023165395	0,02142	0,01995	2	0,06808361 6
76	77	0,011595566	0,010799791	0,01428	0,0133	2	0,05693588 2
78	82	0,01383068	0,012881516	0,06732	0,0627	2	0,02864074
79	81	0,000113911	0,000106093	0,0204	0,019	2	0,00472054
77	78	0,003392557	0,003159735	0,00612	0,0057	2	0,04704350 4
82	89	1,1809E-05	1,09988E-05	0,033762	0,031445	2	0,00118175 8
114	113	0,002449139	0,002281061	0,01326	0,01235	2	0,02685681 2
111	114	0,003093452	0,002881156	0,01122	0,01045	2	0,03281276 7
93	112	0,000167471	0,000155978	0,00918	0,00855	2	0,00843603 7
105	94	0,044972853	0,041886481	0,02346	0,02185	2	0,08651897 6
94	111	0,008369359	0,007794991	0,00918	0,00855	2	0,05966689 4
93	110	0,080135287	0,074635807	0,01836	0,0171	2	0,13053907 2
110	105	0,060430591	0,056283394	0,01836	0,0171	2	0,11336351 7
106	102	0,000978811	0,000911637	0,0153	0,01425	2	0,01590444 7
83	106	0,003692454	0,00343905	0,01836	0,0171	2	0,02819893
115	96	0,022650201	0,021095777	0,01224	0,0114	2	0,08501316 7
95	100	0,025314388	0,023577126	0,02958	0,02755	2	0,05781649 1
100	99	0,006895739	0,006422503	0,01632	0,0152	2	0,04062639 5
99	101	0,005355488	0,004987953	0,0153	0,01425	2	0,03697714 9
101	98	0,000422129	0,00039316	0,01428	0,0133	2	0,01074587 3
116	95	0,039112119	0,036427953	0,02193	0,020425	2	0,08346026
96	116	0,020011804	0,018638446	0,01122	0,01045	2	0,08346224 3
93	97	0,036850239	0,0343213	0,01122	0,01045	2	0,11324445 1
97	115	0,043634394	0,040639876	0,01734	0,01615	2	0,09913048 7
141	146	0,000547454	0,000509883	0,02958	0,02755	2	0,00863154 5
135	141	0,010554844	0,009830492	0,02244	0,0209	2	0,04351333 2
152	131	0,027749548	0,025845168	0,02448	0,0228	2	0,06754599 8

131	135	0,019672244	0,018322189	0,04182	0,03895	2	0,04351537 9
148	56	0,003069566	0,00285891	0,01938	0,01805	2	0,02524479 2
56	124	0,003202024	0,002982276	0,0255	0,02375	2	0,02247782 9
123	126	0,000249388	0,000232274	0,00816	0,0076	2	0,01094170 3
124	127	0,000192124	0,000178936	0,00612	0,0057	2	0,01123904 6
118	199	0,010784566	0,010044449	0,02142	0,01995	2	0,04440929 8
199	200	6,98719E-05	6,50772E-05	0,00204	0,0019	2	0,01158213 6
199	157	0,001683564	0,001568026	0,00612	0,0057	2	0,03282695 9
157	123	0,007855678	0,007316563	0,02856	0,0266	2	0,03282496 2
198	191	2,21888E-05	2,0664E-05	0,00408	0,0038	2	0,00459759 1
198	196	0,004183363	0,003896269	0,01938	0,01805	2	0,02896314 6
158	198	0,021875179	0,020373941	0,07548	0,0703	2	0,03355962 5
196	190	0,000660441	0,000615117	0,00306	0,00285	2	0,02896117 9
158	160	0,066669571	0,062094209	0,02346	0,02185	2	0,10509620 6
160	171	0,011577085	0,010782579	0,02448	0,0228	2	0,04287142 6
171	187	0,008927409	0,008314743	0,0255	0,02375	2	0,03688649 5
178	175	0,000568318	0,000529316	0,01836	0,0171	2	0,01108200 9
160	184	0,024282905	0,022616431	0,03672	0,0342	2	0,05070005 4
184	163	0,006591966	0,006139576	0,0255	0,02375	2	0,03169976 3
163	164	3,02052E-05	2,81318E-05	0,00918	0,00855	2	0,00357634 3
178	172	0,004202509	0,003914102	0,03162	0,02945	2	0,02296405 3
159	178	0,005662384	0,005273789	0,01938	0,01805	2	0,03404809 6
158	181	0,178619793	0,166361571	0,02856	0,0266	2	0,15593510 6
181	185	0,032328714	0,030110078	0,0255	0,02375	2	0,07021203 3
185	165	0,0114222	0,010638324	0,01632	0,0152	2	0,05216924 8
165	169	0,00811411	0,00755726	0,01632	0,0152	2	0,04397079 4
169	173	0,001876055	0,001747305	0,0102	0,0095	2	0,02674422 2
159	179	0,006177537	0,005753588	0,01224	0,0114	2	0,0447481 5
179	176	0,002871094	0,002674058	0,0153	0,01425	2	0,02728603 5
161	168	0,000116525	0,000108528	0,02142	0,01995	2	0,00459890 9
182	161	0,013545363	0,012615779	0,02346	0,02185	2	0,04737873 3
181	182	0,012970002	0,012079904	0,00918	0,00855	2	0,07411202 1
180	177	0,007820231	0,007283549	0,01632	0,0152	2	0,04354757 3
130	156	0,01016311	0,009465641	0,0102	0,0095	2	0,06331999 6
129	130	0,022822567	0,02125631	0,0153	0,01425	2	0,07747417

							8
156	132	0,009985293	0,009300027	0,03162	0,02945	2	0,03564861 2
132	139	0,000467234	0,000435169	0,02958	0,02755	2	0,00797290 7
136	143	0,024190699	0,022530552	0,02652	0,0247	2	0,06059074 8
143	147	0,008783762	0,008180955	0,02652	0,0247	2	0,03651191 0,07984747
155	136	0,037165923	0,034615321	0,02346	0,02185	2	7
147	149	0,000477208	0,000444456	0,00612	0,0057	2	0,01771578 8
138	142	0,022341142	0,020807927	0,01734	0,01615	2	0,07205555 3
128	150	0,079823657	0,074345564	0,00918	0,00855	2	0,18699364 2
145	144	4,66862E-05	4,34838E-05	0,00918	0,00855	2	0,00452336 8
148	145	0,002598548	0,002420216	0,0153	0,01425	2	0,02614033 6
151	134	0,002685348	0,00250106	0,02142	0,01995	2	0,02244965 5
134	194	1,43473E-05	1,3361E-05	0,00255	0,002375	2	0,00475647 8
150	151	0,007897052	0,007355098	0,0153	0,01425	2	0,04555106
189	188	0,000992991	0,000924843	0,0204	0,019	2	0,01371671 0,00914457
188	197	0,000662002	0,00061657	0,0306	0,0285	2	9
197	195	5,51672E-05	5,13815E-05	0,0102	0,0095	2	0,00457232 7
188	192	3,5304E-05	3,28825E-05	0,006528	0,00608	2	0,00457193 6
137	148	0,035131919	0,032720905	0,0357	0,03325	2	0,06292360 1
154	137	0,035572256	0,033131023	0,02958	0,02755	2	0,06955771 0,00475768
137	193	2,00913E-05	1,87129E-05	0,00357	0,003325	2	9
150	154	0,062397478	0,058115299	0,01938	0,01805	2	0,11379975 2
117	83	1,95388894	1,819798524	0,01122	0,01045	2	0,84507233 6
123	125	0,000249388	0,000232274	0,00816	0,0076	2	0,01094170 3
201	91	7,843125648	7,304871927	0,108528	0,10108	2	0,53667248 7
91	1	6,75871353	6,294880249	0,095166	0,088635	2	0,53207889 6
91	86	6,14548E-05	2,08036E-05	0,011308	0,003828	1	0,01157602 2
1	12	1,770386721	0,599313793	0,02827	0,00957	1	1,25967348 3
3	11	3,539956513	1,198351037	0,05911	0,02001	1	1,23210670 4
11	14	5,15244117	1,744211602	0,09252	0,03132	1	1,18845989 6
14	10	6,079266522	2,057961819	0,116935	0,039585	1	1,14849472 6
12	3	2,385642543	0,807591055	0,039835	0,013485	1	1,23211173 6
10	85	0,005950679	0,002014432	0,03084	0,01044	1	0,06978214 4
10	9	1,651510461	0,559071635	0,04112	0,01392	1	1,00983593 6
9	87	1,932384384	0,654153469	0,096375	0,032625	1	0,71413147 0,74269720
83	32	1,568000596	1,460392713	0,01173	0,010925	2	5

201	122	1,308934043	0,121910523	0,00357	0,0003325	3	0,608114886
119	93	20,12005309	1,873926513	0,054876	0,005111	3	0,608112922
122	119	23,37374498	2,176966445	0,06375	0,0059375	3	0,608113881
118	120	0,000715188	0,000242107	0,008995	0,003045	1	0,044460325
93	118	6,705744554	6,245546399	0,02958	0,02755	2	0,961155479
118	121	2,825918629	2,631983036	0,01428	0,0133	2	0,89944494
121	117	9,769491956	9,099036625	0,0561	0,05225	2	0,845074384
103	104	0,020921637	0,007082422	0,04369	0,01479	1	0,109650624
83	103	0,019145898	0,017831964	0,0204	0,019	2	0,060923113
108	107	0,000794549	0,000268972	0,04369	0,01479	1	0,021365236
83	108	0,00059769	0,000556673	0,01326	0,01235	2	0,013349602
140	152	0,105492206	0,035711369	0,06425	0,02175	1	0,204817104
189	158	16,64211737	1,550001128	0,051	0,00475	3	0,569370416
158	183	11,23703018	10,46586145	0,06324	0,0589	2	0,843621511
183	186	2,066435492	1,924621292	0,01224	0,0114	2	0,822564739
186	166	4,993861262	4,651145293	0,02958	0,02755	2	0,822562746
166	174	4,89846614	4,562296895	0,03162	0,02945	2	0,788285579
174	180	4,395573306	4,093916314	0,02958	0,02755	2	0,772181987
180	159	3,202077575	2,982327153	0,0255	0,02375	2	0,710267049
162	170	0,000309577	0,000104798	0,05654	0,01914	1	0,011662765
183	162	0,0008147	0,000275793	0,06682	0,02262	1	0,017403597
159	128	19,85121576	6,720061366	0,20046	0,06786	1	1,590493242
128	140	0,27785518	0,094059925	0,02827	0,00957	1	0,501067342
140	129	0,112972254	0,038243526	0,04112	0,01392	1	0,264907884
128	153	0,397120202	0,134433687	0,03084	0,01044	1	0,573710559
153	155	0,060133337	0,020356422	0,02827	0,00957	1	0,233112618
133	138	0,260261954	0,088104241	0,10537	0,03567	1	0,251367241
153	133	0,237705224	0,080468305	0,06939	0,02349	1	0,296001177
201	189	10,23066855	0,952856385	0,0306	0,00285	3	0,576227456
202	39	0,315699241	0,029403361	0,0306	0,00285	3	0,101260579

Solución 6						
Nodo	Tensión (kV)	Ángulo	Pgenerada (kW)	Qgenerada (kVAr)	Pload (kW)	Qload (kVAr)
201	10	0	11447,16781	8934,203495	0	0
202	9,847383252	0,004768087	950	312,2499	0	0
1	9,925912529	-0,000811255	8,88E-11	-6,22E-10	0	0

2	9,83572557	0,002087273	2,67E-09	1,65E-09	108	81
3	9,909022668	-0,000257349	9,37E-10	1,25E-10	0,008	0,006
4	10	-2,82E-17	0,008	0,006	0,008	0,006
5	9,835161603	0,002081151	-1,53E-09	-2,58E-10	101,464	76,098
6	9,835358209	0,002083285	9,37E-10	1,41E-09	45,4	34,05
7	9,835197824	0,002081544	-2,16E-09	-1,44E-09	73,768	55,326
8	9,835655199	0,002086509	-2,79E-09	2,14E-10	0,008	0,006
9	9,837568932	0,002107281	-7,08E-10	-4,42E-10	108	81
10	9,845836227	0,00183192	1,16E-09	1,35E-10	108	81
11	9,894502096	0,000220407	-3,36E-11	-1,14E-10	69,12	51,84
12	9,918809584	-0,000578527	4,84E-10	7,68E-12	43,864	32,898
13	9,92586549	-0,000811761	1,70E-10	-1,65E-09	59,888	44,916
14	9,872589009	0,000944021	1,24E-10	9,33E-11	63,008	47,256
15	10	2,90E-17	0,008	0,006	0,008	0,006
16	9,925622929	-0,00081437	-3,07E-10	7,47E-10	0,008	0,006
17	9,925236841	-0,000818524	-2,11E-10	-6,96E-11	69,12	51,84
18	9,835170242	0,002081244	8,57E-10	2,06E-09	26,096	19,572
19	9,863167909	0,003963827	2,67E-10	2,33E-09	10,8	8,1
20	9,837127397	0,004415238	1,66E-09	1,86E-09	0,448	0,336
21	9,863347121	0,004021167	-7,06E-10	1,78E-09	172,8	129,6
22	9,865514039	0,0039892	-2,11E-10	-6,96E-11	69,12	51,84
23	9,858575404	0,003914111	4,99E-10	2,86E-10	69,12	51,84
24	9,860769732	0,003937868	-3,36E-11	-6,96E-11	69,12	51,84
25	9,854532113	0,004103669	5,36E-10	-4,86E-10	108	81
26	9,856568545	0,003892375	3,60E-10	8,92E-10	92,48	69,36
27	9,865152505	0,003985287	-4,10E-11	-7,41E-10	0,344	0,258
28	9,857770669	0,003905395	1,44E-10	-6,96E-11	69,12	51,84
29	9,851463845	0,004139819	-5,27E-10	-2,62E-10	216	162
30	9,856228353	0,003888689	-2,11E-10	-4,25E-10	69,12	51,84
31	9,844340853	0,004838721	4,99E-10	1,97E-10	69,12	51,84
32	9,866621542	0,004001186	-1,51E-09	4,63E-10	40,32	30,24
33	9,857178357	0,003898979	-3,10E-10	3,42E-11	106,984	80,238
34	9,859042571	0,003919166	1,82E-10	3,62E-12	172,8	129,6
35	9,864678313	0,003980155	-1,75E-10	-1,31E-10	108	81
36	9,84096641	0,00466781	-5,67E-10	6,41E-10	69,12	51,84
37	9,858624972	0,003914643	1,11E-09	9,25E-10	0,008	0,006
38	9,846133821	0,004230189	4,86E-11	9,25E-10	0,008	0,006
39	9,835964944	0,00440262	-7,64E-11	7,42E-10	85,744	64,308
40	9,858084031	0,003908784	-1,75E-10	-1,31E-10	108	81
41	9,839039015	0,004561165	-6,22E-10	-4,67E-10	62,096	46,572
42	9,8369957	0,004460178	2,81E-10	2,11E-10	50,904	38,178
43	9,862921942	0,003961165	1,24E-09	-2,13E-09	0	0
44	9,841908251	0,004295556	1,25E-09	-8,42E-10	108	81
45	9,838386298	0,004521633	-8,85E-10	-1,55E-09	108	81
46	9,836342517	0,004406719	5,36E-10	-8,42E-10	108	81
47	9,837192936	0,004462319	2,81E-11	-3,34E-10	77,168	57,876
48	9,84213639	0,004298031	-5,67E-10	-6,96E-11	69,12	51,84
49	9,837644054	0,004467215	3,55E-10	1,07E-09	0	0
50	9,860084413	0,003930452	5,36E-10	-1,20E-09	108	81
51	9,858823459	0,003916798	-3,52E-10	2,24E-10	108	81
52	9,860679448	0,004043109	8,91E-10	-4,86E-10	108	81
53	9,859437369	0,003923446	2,38E-09	9,64E-11	0,216	0,162
54	9,866168534	0,003996284	8,62E-10	9,13E-10	37,496	28,122
55	9,857307076	0,003900375	-8,85E-10	4,67E-11	108	81

56	9,786431283	0,003364232	6,22E-10	2,00E-10	10,8	8,1
57	9,801155806	0,002317095	2,28E-09	-4,25E-10	69,12	51,84
58	9,804791246	0,002356691	1,06E-09	-6,26E-10	44,368	33,276
59	9,80119246	0,002317495	-2,79E-09	-1,21E-09	0,008	0,006
60	9,801339093	0,002319092	5,52E-10	-3,01E-11	53,696	40,272
61	9,813564742	0,00245214	5,38E-10	4,81E-11	63,456	47,592
62	9,801990417	0,002326188	-5,30E-10	1,82E-09	108	81
63	9,813749585	0,002454152	8,55E-10	-6,96E-11	69,12	51,84
64	9,803562543	0,002343311	-5,67E-10	1,97E-10	84,728	63,546
65	9,808122835	0,002392954	6,07E-10	-6,11E-10	107,544	80,658
66	9,814037466	0,002457284	-9,22E-10	1,08E-10	69,12	51,84
67	9,810400724	0,002417737	8,61E-10	2,90E-10	90,984	68,238
68	9,804264838	0,002350959	2,03E-09	-2,56E-09	46,048	34,536
69	9,806240666	0,00237247	1,36E-09	4,18E-11	50,672	38,004
70	9,802243376	0,002328943	9,56E-10	1,84E-10	151,912	113,934
71	9,829027095	0,004327329	-3,86E-09	-3,16E-09	106,984	80,238
72	9,826942033	0,00430468	2,10E-10	-4,64E-10	34,232	25,674
73	9,828915049	0,004326112	-5,91E-10	-4,43E-10	105,944	79,458
74	9,82772863	0,004313222	3,56E-10	8,97E-11	43,2	32,4
75	9,828455912	0,004321124	7,59E-10	-8,52E-10	0,008	0,006
76	9,825950215	0,004293904	4,84E-10	4,52E-10	43,864	32,898
77	9,82539728	0,004287896	-7,56E-11	1,36E-09	38,92	29,19
78	9,825201484	0,004285768	2,72E-10	-1,20E-09	72,4	54,3
79	9,826462837	0,004299473	6,90E-10	6,06E-10	117,32	87,99
80	9,827903789	0,004315125	4,81E-12	-7,07E-10	172,8	129,6
81	9,826397334	0,004298762	6,29E-10	8,27E-10	18,576	13,932
82	9,823890319	0,004271518	3,58E-10	4,02E-10	108	81
83	9,872481576	0,004011476	-4,10E-10	-7,52E-10	2,68	2,01
84	9,810335113	0,002417023	8,63E-10	8,25E-10	46,44	34,83
85	9,845406501	0,001846243	1,36E-09	4,86E-10	90,832	68,124
86	9,960338376	-0,000431584	2,05E-09	-2,39E-10	18,576	13,932
87	9,823879507	0,002564181	9,64E-11	1,17E-10	18,576	13,932
88	9,819633824	0,002518093	-8,12E-11	-4,16E-10	18,576	13,932
89	9,823863186	0,004271223	3,59E-10	2,25E-10	4,648	3,486
90	9,845321511	0,001845321	-4,36E-10	1,17E-10	18,576	13,932
91	9,96036482	-0,000432456	1,42E-09	8,88E-11	0	0
92	9,810325272	0,002416916	-4,36E-10	1,17E-10	18,576	13,932
93	9,938767727	0,004223766	3,88E-09	2,66E-10	15,72	11,79
94	9,934292486	0,004175684	1,60E-09	-1,31E-10	108	81
95	9,934094217	0,004173559	-2,48E-10	-1,34E-09	103,136	77,352
96	9,935996554	0,004194	9,75E-10	2,09E-11	6,24	4,68
97	9,937893988	0,004214382	2,41E-09	1,54E-09	56,808	42,606
98	9,931968077	0,004150704	3,56E-10	8,97E-11	43,2	32,4
99	9,93246254	0,00415602	-1,07E-09	-9,80E-10	14,672	11,004
100	9,932918381	0,00416092	-2,11E-10	6,41E-10	69,12	51,84
101	9,932073576	0,004151838	7,07E-10	-2,83E-12	105,456	79,092
102	9,871961489	0,004005851	2,09E-10	-5,54E-10	63,168	47,376
103	9,871632365	0,004002289	-5,67E-10	-1,58E-10	69,12	51,84
104	9,870673316	0,00403417	3,60E-10	9,24E-11	172,8	129,6
105	9,935688221	0,004190684	-1,75E-10	-4,86E-10	108	81
106	9,872127776	0,004007649	-1,65E-09	5,37E-10	48,832	36,624
107	9,87217371	0,00401638	-3,02E-10	-4,91E-11	33,68	25,26
108	9,872360607	0,004010168	-3,87E-10	-1,09E-09	19,344	14,508
109	10	-1,29E-17	0,008	0,006	0,008	0,006

110	9,937119515	0,004206062	4,99E-10	9,96E-10	69,12	51,84
111	9,933915843	0,004171636	1,25E-09	-8,42E-10	108	81
112	9,938714449	0,004223194	1,04E-09	7,83E-10	33,96	25,47
113	9,933417817	0,004166283	-1,75E-10	-1,31E-10	108	81
114	9,933662691	0,004168915	-9,37E-11	1,07E-10	23,952	17,964
115	9,936712024	0,004201687	1,35E-09	2,25E-09	56,808	42,606
116	9,935352675	0,004187082	-3,07E-10	-1,56E-09	0,008	0,006
117	9,878877636	0,004029855	-1,19E-09	3,65E-11	0,008	0,006
118	9,919534592	0,004150373	-1,78E-09	-1,78E-09	0	0
119	9,966243991	0,002320531	4,04E-10	1,43E-11	0,008	0,006
120	9,919454135	0,004153035	3,01E-09	1,54E-09	70,76	53,07
121	9,910858064	0,004121397	6,69E-10	5,79E-11	219,032	164,274
122	9,998208558	0,000122665	5,56E-09	-6,30E-10	0,008	0,006
123	9,918099944	0,004134929	-2,36E-09	-4,17E-09	43,864	32,898
124	9,786043003	0,003359995	4,84E-10	-1,68E-09	43,864	32,898
125	9,918038646	0,004134269	1,29E-10	-6,14E-10	43,864	32,898
126	9,918038646	0,004134269	1,29E-10	9,65E-11	43,864	32,898
127	9,785996409	0,003359487	1,29E-10	-6,14E-10	43,864	32,898
128	9,79233578	0,003428623	1,12E-09	8,85E-10	69,12	51,84
129	9,787362237	0,0035953	-1,24E-09	4,67E-11	108	81
130	9,786559281	0,00358654	1,10E-09	6,49E-10	55,248	41,436
131	9,785792781	0,003598153	-2,41E-10	6,19E-10	93,784	70,338
132	9,785358255	0,003573435	5,36E-10	-1,31E-10	108	81
133	9,784750792	0,003682728	1,44E-10	1,08E-10	69,12	51,84
134	9,79037437	0,003407237	-3,05E-09	3,48E-09	69,12	51,84
135	9,784560293	0,003584705	5,82E-10	5,69E-10	0,008	0,006
136	9,786248335	0,00357622	9,70E-10	-4,27E-10	75,16	56,37
137	9,788284472	0,003384448	3,04E-10	1,96E-09	7,328	5,496
138	9,779497577	0,00385891	-8,85E-10	1,35E-10	108	81
139	9,785198509	0,003571692	7,79E-11	2,36E-10	31,112	23,334
140	9,789524286	0,003522822	2,15E-10	-2,38E-10	48,584	36,438
141	9,78389899	0,003577488	6,61E-10	6,73E-10	136,08	102,06
142	9,778651829	0,003849675	5,41E-10	-1,27E-10	280,8	210,6
143	9,785159971	0,003564345	-2,37E-10	3,55E-10	93,96	70,47
144	9,786463632	0,003364584	-6,99E-10	7,19E-10	17,656	13,242
145	9,786491762	0,003364891	2,62E-09	1,08E-09	84,376	63,282
146	9,783726073	0,003575601	3,60E-10	1,81E-10	33,672	25,254
147	9,784504142	0,003557188	1,25E-09	-2,15E-10	73,336	55,002
148	9,786762703	0,003367848	1,06E-09	-4,05E-10	45,04	33,78
149	9,784430709	0,003556386	8,55E-10	-4,25E-10	69,12	51,84
150	9,791172587	0,003415942	1,96E-09	1,65E-09	108	81
151	9,790700261	0,003410791	6,51E-10	-2,22E-10	90,248	67,686
152	9,786912728	0,003610371	2,60E-10	4,62E-10	53,648	40,236
153	9,788825044	0,003546212	-1,10E-09	4,63E-10	69,12	51,84
154	9,789678332	0,003399649	7,15E-10	-7,07E-10	172,8	129,6
155	9,787517157	0,003590061	1,05E-10	6,12E-10	49,472	37,104
156	9,786121782	0,003581767	-1,75E-10	-1,20E-09	108	81
157	9,918743571	0,004141858	-1,37E-09	1,28E-09	0,008	0,006
158	9,959881343	0,002459032	-1,61E-09	-1,14E-09	2,336	1,752
159	9,85563909	0,001322511	1,23E-09	-1,70E-09	0,904	0,678
160	9,958181958	0,002440815	-2,65E-10	9,12E-10	46,576	34,932
161	9,955577401	0,002412889	3,60E-10	7,14E-10	172,8	129,6
162	9,92342732	0,002074844	3,28E-10	-1,54E-10	9,144	6,858
163	9,956341734	0,002421082	9,16E-10	-1,12E-10	113,616	85,212

164	9,956319107	0,00242084	-1,01E-09	-5,80E-10	14,448	10,836
165	9,954991833	0,00240661	1,54E-10	-2,40E-10	33,112	24,834
166	9,900315304	0,001812893	-1,76E-10	4,90E-10	136,936	102,702
167	10	-2,59E-18	0,008	0,006	0,008	0,006
168	9,955509514	0,002412161	-4,36E-10	-2,39E-10	18,576	13,932
169	9,954497359	0,002401306	-1,40E-09	2,33E-09	69,568	52,176
170	9,923294607	0,002079233	-4,36E-10	-6,09E-11	18,576	13,932
171	9,957458574	0,002433059	2,50E-10	-7,86E-11	24,184	18,138
172	9,854693623	0,001312267	-4,33E-10	-1,47E-10	90,888	68,166
173	9,95430939	0,00239929	-1,75E-10	-8,42E-10	108	81
174	9,883406682	0,001627928	2,61E-10	1,96E-10	64,112	48,084
175	9,855050156	0,00131613	1,29E-10	9,65E-11	43,864	32,898
176	9,854980647	0,001315377	-1,75E-10	-1,31E-10	108	81
177	9,867429716	0,001452601	4,81E-12	3,59E-10	172,8	129,6
178	9,855188958	0,001317634	-6,62E-10	1,28E-09	0,008	0,006
179	9,855265442	0,001318463	-1,28E-09	2,86E-10	69,12	51,84
180	9,867915154	0,001457854	4,86E-11	3,03E-10	72,904	54,678
181	9,956812262	0,002426133	-8,87E-10	-1,11E-09	46,912	35,184
182	9,95634339	0,002421105	-1,60E-09	-8,42E-10	108	81
183	9,923661367	0,002067105	2,01E-09	7,07E-10	56,8	42,6
184	9,956898844	0,002427057	-1,34E-09	-2,03E-10	76,768	57,576
185	9,95557851	0,002412902	9,69E-10	1,08E-09	72,88	54,66
186	9,916828295	0,001992825	-6,62E-10	-8,52E-10	0,008	0,006
187	9,956810244	0,002426106	-1,56E-10	6,08E-11	149,04	111,78
188	9,984640836	0,000924775	1,42E-09	-2,49E-09	0	0
189	9,984834234	0,000926844	-1,78E-09	-3,77E-10	0	0
190	9,957687309	0,00243551	5,31E-12	-2,13E-09	117,032	87,774
191	9,958122371	0,002440175	6,29E-10	1,18E-09	18,576	13,932
192	9,984620207	0,000924555	-7,92E-10	-2,39E-10	18,576	13,932
193	9,788272964	0,003384323	3,47E-09	1,18E-09	18,576	13,932
194	9,790366152	0,003407147	6,29E-10	1,18E-09	18,576	13,932
195	9,984415204	0,000922362	6,29E-10	4,72E-10	18,576	13,932
196	9,957748395	0,002436165	-4,57E-09	-1,92E-09	0,008	0,006
197	9,984447438	0,000922707	2,41E-09	-2,39E-10	18,576	13,932
198	9,958135298	0,002440313	3,02E-09	8,88E-10	0	0
199	9,918881499	0,004143343	1,07E-09	1,78E-09	0	0
200	9,918865276	0,004143168	1,52E-10	-4,15E-09	46,44	34,83

Solución 6							
NodOrigen	NodDestino	Pérdidas (kW)	Pérdidas (kVAr)	Resistencia	Reactancia	Calibre	Jeconomica
67	65	0,153059518	0,142555434	0,01836	0,0171	2	0,182820418
65	69	0,107485259	0,10010882	0,01785	0,016625	2	0,155389356
69	58	0,075882507	0,070674883	0,014994	0,013965	2	0,14245957
67	84	0,000285713	0,000266105	0,00816	0,0076	2	0,011840135
67	92	0,000131427	0,000122408	0,02346	0,02185	2	0,004736022
59	57	0,00023779	0,00022147	0,00306	0,00285	2	0,017655382
64	70	0,047384625	0,044132739	0,01989	0,018525	2	0,097748841
68	64	0,030810017	0,028695606	0,00867	0,008075	2	0,11938037



							3
58	68	0,02536817	0,023627214	0,005916	0,00551	2	0,13113501
62	60	0,00750838	0,006993099	0,0306	0,0285	2	0,03137255 2
70	62	0,005480005	0,005103925	0,006324	0,00589	2	0,05895443
60	59	0,00095138	0,000886089	0,01224	0,0114	2	0,01765741 3
66	63	0,00357761	0,003332088	0,012546	0,011685	2	0,03377777 5
66	67	0,297563275	0,277142266	0,024072	0,02242	2	0,22259281 4
63	61	0,001099502	0,001024046	0,01683	0,015675	2	0,01616767 7
1	16	0,001855486	0,001728149	0,02448	0,0228	2	0,01721870 4
6	5	0,001865837	0,00173779	0,01122	0,01045	2	0,02573610 8
2	6	0,005046275	0,004699962	0,014484	0,01349	2	0,03725217 5
16	17	0,002473408	0,002303665	0,03264	0,0304	2	0,01721671
1	13	0,00026108	0,000243163	0,00459	0,004275	2	0,01491523 3
8	7	0,004272144	0,003978958	0,02652	0,0247	2	0,02533212 7
2	8	0,000657356	0,000612245	0,00408	0,0038	2	0,02533406 4
7	18	6,73211E-05	6,27026E-05	0,00612	0,0057	2	0,00661963 5
85	90	0,000147516	0,000137392	0,02652	0,0247	2	0,00470241 6
9	2	0,061160586	0,056963291	0,03009	0,028025	2	0,08997931 3
87	88	0,435041727	0,405185922	0,02244	0,0209	2	0,27870668 2
88	66	0,563705612	0,525019933	0,03009	0,028025	2	0,27397963 8
19	50	0,210351525	0,195915635	0,02448	0,0228	2	0,18458711 9
50	51	0,044434094	0,041384695	0,01938	0,01805	2	0,09535398 5
51	55	0,038154	0,035535588	0,03264	0,0304	2	0,06808921 4
55	26	0,011138779	0,010374353	0,02652	0,0247	2	0,04081605 3
26	30	0,002194644	0,002044031	0,02856	0,0266	2	0,01745864 4
46	39	0,003027845	0,002820052	0,0255	0,02375	2	0,02174693 2
50	53	0,014819972	0,013802914	0,0153	0,01425	2	0,06197534
53	23	0,019725205	0,018371514	0,0204	0,019	2	0,06192081 4
23	28	0,013225322	0,012317702	0,02652	0,0247	2	0,04447047 6
28	33	0,005913753	0,005507907	0,03213	0,029925	2	0,02701729 7
20	46	0,014221716	0,013245717	0,02346	0,02185	2	0,04913647 9
19	43	0,008030896	0,007479758	0,00408	0,0038	2	0,08833512 8
43	24	0,070270357	0,065447882	0,0357	0,03325	2	0,08833514 5
24	34	0,045255378	0,042149617	0,0357	0,03325	2	0,07089257 7
34	37	0,004208911	0,003920064	0,02244	0,0209	2	0,02727088 6
37	40	0,005451645	0,005077512	0,02907	0,027075	2	0,02726886

							4
47	42	0,000938906	0,000874471	0,02244	0,0209	2	0,01290789 9
49	47	0,005402853	0,005032068	0,0204	0,019	2	0,03247484 2
32	19	0,351841438	0,327695456	0,01836	0,0171	2	0,27564634 5
27	35	0,004775752	0,004448005	0,0255	0,02375	2	0,02723241 4
48	44	0,002302982	0,002144934	0,01224	0,0114	2	0,02735858 6
54	22	0,010830922	0,010087624	0,02142	0,01995	2	0,04474494 5
22	27	0,003652729	0,003402052	0,01938	0,01805	2	0,02731914 5
32	54	0,009080386	0,008457221	0,01224	0,0114	2	0,05419678 1
49	20	0,027739184	0,025835514	0,0102	0,0095	2	0,11745931 9
31	36	0,257366035	0,23970366	0,02958	0,02755	2	0,18694561 0,17187254 1
36	41	0,136669196	0,127289938	0,01887	0,017575	2	0,15880652 2
41	45	0,043297842	0,040326422	0,00714	0,00665	2	0,13768794 1
45	49	0,043969975	0,040952428	0,0102	0,0095	2	0,22363850 4
48	20	0,374871061	0,349144616	0,03774	0,03515	2	0,26353535 0,26353350 6
29	38	0,479073505	0,446195913	0,03264	0,0304	2	0,36621427 4
38	48	0,359299326	0,334641529	0,02448	0,0228	2	0,31426818 3
21	52	0,341877475	0,318415297	0,01122	0,01045	2	0,34014153 7
25	29	0,333932454	0,311015519	0,0153	0,01425	2	0,40826554 9
52	25	0,72822777	0,678251354	0,02805	0,026125	2	0,22027201 0,02690875 5
32	21	0,470769742	0,438462015	0,01224	0,0114	2	0,05487562 4
20	71	0,65734608	0,612234093	0,05406	0,05035	2	0,01097502 8
71	73	0,001110998	0,001034751	0,00612	0,0057	2	0,05487358 8
71	75	0,011548683	0,010756125	0,0153	0,01425	2	0,11131536 4
80	74	0,000708287	0,000659679	0,02346	0,02185	2	0,03453356 4
75	80	0,011162899	0,010396818	0,01479	0,013775	2	0,06808371 8
71	72	0,085495888	0,079628522	0,02754	0,02565	2	0,05693596 9
72	79	0,006096351	0,005677973	0,0204	0,019	2	0,02864078 3
72	76	0,024872356	0,02316543	0,02142	0,01995	2	0,00472055 4
76	77	0,011595584	0,010799807	0,01428	0,0133	2	0,04704360 2
78	82	0,013830701	0,012881535	0,06732	0,0627	2	0,00118179 4
79	81	0,000113911	0,000106094	0,0204	0,019	2	0,02685682
77	78	0,003392564	0,003159741	0,00612	0,0057	2	0,03281278
82	89	1,18094E-05	1,09987E-05	0,033762	0,031445	2	
114	113	0,00244914	0,002281062	0,01326	0,01235	2	
111	114	0,003093454	0,002881157	0,01122	0,01045	2	

							2
93	112	0,000167471	0,000155978	0,00918	0,00855	2	0,00843603 7
105	94	0,044972867	0,041886494	0,02346	0,02185	2	0,08651900 2
94	111	0,008369361	0,007794993	0,00918	0,00855	2	0,05966690 9
93	110	0,080135312	0,07463583	0,01836	0,0171	2	0,13053911 2
110	105	0,060430609	0,056283411	0,01836	0,0171	2	0,11336355 3
106	102	0,000978811	0,000911638	0,0153	0,01425	2	0,01590444 7
83	106	0,003692457	0,003439053	0,01836	0,0171	2	0,02819895 4
115	96	0,022650209	0,021095783	0,01224	0,0114	2	0,08501319 6
95	100	0,025314396	0,023577133	0,02958	0,02755	2	0,05781650 8
100	99	0,006895742	0,006422505	0,01632	0,0152	2	0,04062641 2
99	101	0,005355489	0,004987955	0,0153	0,01425	2	0,03697715 9
101	98	0,000422129	0,00039316	0,01428	0,0133	2	0,01074587 3
116	95	0,039112132	0,036427966	0,02193	0,020425	2	0,08346028 7
96	116	0,020011812	0,018638451	0,01122	0,01045	2	0,08346227 2
93	97	0,036850251	0,034321312	0,01122	0,01045	2	0,11324448 9
97	115	0,043634408	0,04063989	0,01734	0,01615	2	0,09913051 9
141	146	0,000547454	0,000509883	0,02958	0,02755	2	0,00863155 1
135	141	0,010554844	0,009830492	0,02244	0,0209	2	0,04351333 2
152	131	0,027749548	0,025845167	0,02448	0,0228	2	0,06754599 6
131	135	0,019672244	0,018322189	0,04182	0,03895	2	0,04351537 9
148	56	0,003069566	0,00285891	0,01938	0,01805	2	0,02524479 2
56	124	0,003202024	0,002982276	0,0255	0,02375	2	0,02247783 2
123	126	0,000249389	0,000232274	0,00816	0,0076	2	0,01094176 5
124	127	0,000192124	0,000178937	0,00612	0,0057	2	0,01123904 6
118	199	0,010784571	0,010044453	0,02142	0,01995	2	0,04440931 7
199	200	6,98719E-05	6,50772E-05	0,00204	0,0019	2	0,01158213 6
199	157	0,001683564	0,001568027	0,00612	0,0057	2	0,03282695 9
157	123	0,007855681	0,007316565	0,02856	0,0266	2	0,03282497 4
198	191	2,21888E-05	2,0664E-05	0,00408	0,0038	2	0,00459759 1
198	196	0,004183362	0,003896269	0,01938	0,01805	2	0,02896314 1
158	198	0,021875179	0,020373941	0,07548	0,0703	2	0,03355962 5
196	190	0,000660441	0,000615111	0,00306	0,00285	2	0,02896117 9
158	160	0,066669572	0,062094209	0,02346	0,02185	2	0,10509818 9

160	171	0,011577085	0,010782579	0,02448	0,0228	2	0,04287340 9
171	187	0,008927409	0,008314743	0,0255	0,02375	2	0,03688847 4
178	175	0,000568318	0,000529316	0,01836	0,0171	2	0,01108202 3
160	184	0,024282905	0,022616431	0,03672	0,0342	2	0,05070005 5
184	163	0,006591966	0,006139576	0,0255	0,02375	2	0,03169976 3
163	164	3,02052E-05	2,81318E-05	0,00918	0,00855	2	0,00357634 3
178	172	0,00420251	0,003914102	0,03162	0,02945	2	0,02296405 5
159	178	0,005662384	0,00527379	0,01938	0,01805	2	0,03404809 8
158	181	0,178619793	0,166361571	0,02856	0,0266	2	0,15593510 6
181	185	0,032328715	0,030110077	0,0255	0,02375	2	0,07021203 4
185	165	0,0114222	0,010638324	0,01632	0,0152	2	0,05216924 8
165	169	0,00811411	0,00755726	0,01632	0,0152	2	0,04397079 4
169	173	0,001876055	0,001747307	0,0102	0,0095	2	0,02674422 2
159	179	0,006177537	0,005753588	0,01224	0,0114	2	0,0447481
179	176	0,002871094	0,002674059	0,0153	0,01425	2	0,02728603 5
161	168	0,000116525	0,000108528	0,02142	0,01995	2	0,00459890 9
182	161	0,013545363	0,01261578	0,02346	0,02185	2	0,04737873 4
181	182	0,012970001	0,012079904	0,00918	0,00855	2	0,07411201 7
180	177	0,007820231	0,007283549	0,01632	0,0152	2	0,04354757 1
130	156	0,01016311	0,009465641	0,0102	0,0095	2	0,06331999 6
129	130	0,022822564	0,02125631	0,0153	0,01425	2	0,07747417 1
156	132	0,009985293	0,009300027	0,03162	0,02945	2	0,03564861 1
132	139	0,000467234	0,00043517	0,02958	0,02755	2	0,00797291 3
136	143	0,024190698	0,022530552	0,02652	0,0247	2	0,06059074 8
143	147	0,008783762	0,008180955	0,02652	0,0247	2	0,03651191 7
155	136	0,037165923	0,034615321	0,02346	0,02185	2	0,07984747 7
147	149	0,000477209	0,000444457	0,00612	0,0057	2	0,01771584 1
138	142	0,022341143	0,020807927	0,01734	0,01615	2	0,07205555 4
128	150	0,079823658	0,074345565	0,00918	0,00855	2	0,18699364 6
145	144	4,66855E-05	4,34824E-05	0,00918	0,00855	2	0,00452329 9
148	145	0,002598547	0,002420215	0,0153	0,01425	2	0,02614032 9
151	134	0,002685348	0,00250106	0,02142	0,01995	2	0,02244965 2
134	194	1,43444E-05	1,33639E-05	0,00255	0,002375	2	0,00475553 5
150	151	0,007897052	0,007355098	0,0153	0,01425	2	0,04555106
189	188	0,000992991	0,000924844	0,0204	0,019	2	0,01371670 5

188	197	0,000662002	0,00061657	0,0306	0,0285	2	0,00914457 9
197	195	5,51672E-05	5,13815E-05	0,0102	0,0095	2	0,00457232 7
188	192	3,5304E-05	3,28811E-05	0,006528	0,00608	2	0,00457193 6
137	148	0,035131919	0,032720905	0,0357	0,03325	2	0,06292360 1
154	137	0,035572257	0,033131023	0,02958	0,02755	2	0,06955771 1
137	193	2,00941E-05	1,87129E-05	0,00357	0,003325	2	0,00475836 2
150	154	0,062397479	0,058115299	0,01938	0,01805	2	0,11379975 3
117	83	1,954032231	1,819931981	0,01122	0,01045	2	0,84513431 1
123	125	0,000249389	0,000232274	0,00816	0,0076	2	0,01094176 5
201	91	7,843125648	7,304871927	0,108528	0,10108	2	0,53667248 7
91	1	6,75871353	6,294880248	0,095166	0,088635	2	0,53207889 6
91	86	6,14577E-05	2,0804E-05	0,011308	0,003828	1	0,01157655 7
1	12	1,770386721	0,599313793	0,02827	0,00957	1	1,25967348 3
3	11	3,539956514	1,198351038	0,05911	0,02001	1	1,23210670 4
11	14	5,15244117	1,744211602	0,09252	0,03132	1	1,18845989 6
14	10	6,079266522	2,057961819	0,116935	0,039585	1	1,14849472 6
12	3	2,385642544	0,807591056	0,039835	0,013485	1	1,23211173 6
10	85	0,005950679	0,002014432	0,03084	0,01044	1	0,06978214 8
10	9	1,651510462	0,559071635	0,04112	0,01392	1	1,00983593 7
9	87	1,932384384	0,654153469	0,096375	0,032625	1	0,71413147 0,74275930 7
83	32	1,568131706	1,460514823	0,01173	0,010925	2	0,60814565 5
201	122	1,309000271	0,121916691	0,00357	0,0003325	3	0,60814369 2
119	93	20,12107116	1,874021334	0,054876	0,005111	3	0,60814465 1
122	119	23,37492769	2,177076598	0,06375	0,0059375	3	0,04446032 5
118	120	0,000715188	0,000242107	0,008995	0,003045	1	0,96121729 2
93	118	6,706175808	6,245948057	0,02958	0,02755	2	0,89950683 5
118	121	2,826113094	2,632164156	0,01428	0,0133	2	0,84513635 8
121	117	9,770208411	9,099703912	0,0561	0,05225	2	0,10965070 6
103	104	0,020921653	0,007082427	0,04369	0,01479	1	0,06092315 9
83	103	0,019145913	0,017831977	0,0204	0,019	2	0,02136524 5
108	107	0,000794549	0,000268972	0,04369	0,01479	1	0,01334965 0,20481710 4
83	108	0,000597692	0,000556674	0,01326	0,01235	2	0,56937145 4
140	152	0,105492206	0,035711369	0,06425	0,02175	1	0,84362151
189	158	16,64211737	1,550001128	0,051	0,00475	3	
158	183	11,23703018	10,46586145	0,06324	0,0589	2	

							1
183	186	2,066435493	1,924621292	0,01224	0,0114	2	0,82256474
186	166	4,993861262	4,651145293	0,02958	0,02755	2	0,82256274 6
166	174	4,898466139	4,562296895	0,03162	0,02945	2	0,78828557 9
174	180	4,395573305	4,093916314	0,02958	0,02755	2	0,77218198 7
180	159	3,202077575	2,982327154	0,0255	0,02375	2	0,71026704 9
162	170	0,000309577	0,000104798	0,05654	0,01914	1	0,01166276 5
183	162	0,0008147	0,000275793	0,06682	0,02262	1	0,01740359 7
159	128	19,85121576	6,720061366	0,20046	0,06786	1	1,59049324 2
128	140	0,27785518	0,094059925	0,02827	0,00957	1	0,50106734 1
140	129	0,112972253	0,038243526	0,04112	0,01392	1	0,26490788 3
128	153	0,397120202	0,134433687	0,03084	0,01044	1	0,57371055 9
153	155	0,060133337	0,020356422	0,02827	0,00957	1	0,23311262 9
133	138	0,260261954	0,088104241	0,10537	0,03567	1	0,25136724 1
153	133	0,237705224	0,080468305	0,06939	0,02349	1	0,29600117 6
201	189	10,23066855	0,952856385	0,0306	0,00285	3	0,57622844 4
202	31	0,315558399	0,029390243	0,0306	0,00285	3	0,101215404

Solución 7						
Nodo	Tensión (kV)	Ángulo	Pgenerada (kW)	Qgenerada (kVAr)	Pload (kW)	Qload (kVAr)
201	10	0	11447,06091	8934,105622	0	0
202	9,845445186	0,004642618	950	312,2499	0	0
1	9,925912529	-0,000811255	1,51E-09	-1,42E-09	0	0
2	9,83572557	0,002087273	-3,02E-09	3,07E-09	108	81
3	9,909022668	-0,000257349	4,86E-11	-1,41E-10	0,008	0,006
4	10	-8,69E-18	0,008	0,006	0,008	0,006
5	9,835161603	0,002081151	-8,17E-10	-9,68E-10	101,464	76,098
6	9,835358209	0,002083285	2,27E-10	2,83E-09	45,4	34,05
7	9,835197824	0,002081544	2,10E-09	-3,77E-10	73,768	55,326
8	9,835655199	0,002086509	-1,37E-09	5,69E-10	0,008	0,006
9	9,837568932	0,002107281	-5,30E-10	-1,75E-10	108	81
10	9,845836227	0,00183192	3,58E-10	-4,42E-10	108	81
11	9,894502096	0,000220407	1,44E-10	-6,96E-11	69,12	51,84
12	9,918809584	-0,000578527	1,29E-10	7,68E-12	43,864	32,898
13	9,92586549	-0,000811761	1,70E-10	-2,28E-10	59,888	44,916
14	9,872589009	0,000944021	3,56E-11	9,33E-11	63,008	47,256
15	10	-5,10E-18	0,008	0,006	0,008	0,006
16	9,925622929	-0,00081437	-3,07E-10	9,25E-10	0,008	0,006
17	9,925236841	-0,000818524	4,99E-10	1,08E-10	69,12	51,84
18	9,835170242	0,002081244	8,57E-10	6,43E-10	26,096	19,572
19	9,863171754	0,003963719	-1,15E-09	-1,55E-10	10,8	8,1
20	9,837134411	0,004415129	3,43E-09	1,69E-09	0,448	0,336
21	9,863351205	0,004021058	7,15E-10	1,78E-09	172,8	129,6
22	9,865517883	0,003989092	4,99E-10	2,86E-10	69,12	51,84

23	9,858579251	0,003914002	1,44E-10	-7,80E-10	69,12	51,84
24	9,860773578	0,00393776	8,55E-10	4,63E-10	69,12	51,84
25	9,854536968	0,00410356	1,81E-10	9,35E-10	108	81
26	9,856572392	0,003892266	7,16E-10	1,82E-10	92,48	69,36
27	9,865156349	0,003985179	3,14E-10	-3,86E-10	0,344	0,258
28	9,857774515	0,003905286	8,55E-10	2,86E-10	69,12	51,84
29	9,851469	0,00413971	-1,59E-09	-1,15E-09	216	162
30	9,8562322	0,003888581	1,44E-10	2,86E-10	69,12	51,84
31	9,836057688	0,004449808	1,44E-10	-6,96E-11	69,12	51,84
32	9,866625385	0,004001077	-1,87E-09	8,18E-10	40,32	30,24
33	9,857182204	0,00389887	-3,10E-10	-1,43E-10	106,984	80,238
34	9,859046417	0,003919057	-3,50E-10	-5,29E-10	172,8	129,6
35	9,864682157	0,003980046	1,81E-10	-1,31E-10	108	81
36	9,836410752	0,004453641	-2,11E-10	-1,14E-09	69,12	51,84
37	9,858628818	0,003914534	1,11E-09	5,69E-10	0,008	0,006
38	9,846139616	0,00423008	4,04E-10	1,28E-09	0,008	0,006
39	9,835971959	0,004402511	-7,64E-11	3,15E-11	85,744	64,308
40	9,858087878	0,003908675	-5,30E-10	-4,86E-10	108	81
41	9,836861206	0,00445853	4,44E-10	9,55E-10	62,096	46,572
42	9,842402188	0,00471328	9,92E-10	-1,44E-10	50,904	38,178
43	9,862925787	0,003961057	1,07E-09	3,55E-10	0	0
44	9,841914526	0,004295447	-8,85E-10	5,80E-10	108	81
45	9,837108203	0,004461211	5,36E-10	-1,31E-10	108	81
46	9,836349531	0,004406609	-1,75E-10	-1,31E-10	108	81
47	9,839771195	0,004582817	-3,27E-10	2,11E-11	77,168	57,876
48	9,842142665	0,004297922	8,55E-10	6,41E-10	69,12	51,84
49	9,837651266	0,004467106	-2,13E-09	-3,55E-10	0	0
50	9,860088258	0,003930343	5,36E-10	2,00E-09	108	81
51	9,858827305	0,003916689	-8,85E-10	-3,09E-10	108	81
52	9,860683752	0,004043	1,60E-09	5,80E-10	108	81
53	9,859441215	0,003923337	-1,08E-10	4,52E-10	0,216	0,162
54	9,866172377	0,003996175	1,22E-09	2,03E-10	37,496	28,122
55	9,857310923	0,003900266	-5,30E-10	-4,86E-10	108	81
56	9,786431283	0,003364232	6,22E-10	2,00E-10	10,8	8,1
57	9,801155806	0,002317095	-3,41E-09	-4,25E-10	69,12	51,84
58	9,804791246	0,002356691	-1,07E-09	-6,26E-10	44,368	33,276
59	9,80119246	0,002317495	-6,62E-10	3,06E-09	0,008	0,006
60	9,801339093	0,002319092	-5,14E-10	-1,10E-09	53,696	40,272
61	9,813564742	0,00245214	1,83E-10	-3,07E-10	63,456	47,592
62	9,801990417	0,002326188	5,36E-10	2,24E-10	108	81
63	9,813749585	0,002454152	1,21E-09	2,86E-10	69,12	51,84
64	9,803562543	0,002343311	-9,22E-10	1,97E-10	84,728	63,546
65	9,808122835	0,002392954	6,07E-10	9,98E-11	107,544	80,658
66	9,814037466	0,002457284	1,44E-10	-1,31E-09	69,12	51,84
67	9,810400724	0,002417737	-2,05E-10	3,13E-09	90,984	68,238
68	9,804264838	0,002350959	-9,85E-11	-3,27E-09	46,048	34,536
69	9,806240666	0,00237247	1,71E-09	1,11E-09	50,672	38,004
70	9,802243376	0,002328943	1,31E-09	-5,26E-10	151,912	113,934
71	9,829034114	0,00432722	-4,22E-09	3,42E-11	106,984	80,238
72	9,826949054	0,004304571	1,28E-09	-4,64E-10	34,232	25,674
73	9,828922069	0,004326003	-5,91E-10	9,78E-10	105,944	79,458
74	9,82773565	0,004313113	3,56E-10	4,45E-10	43,2	32,4
75	9,828462932	0,004321015	-6,62E-10	-8,52E-10	0,008	0,006
76	9,825957237	0,004293795	1,29E-10	1,16E-09	43,864	32,898

77	9,825404302	0,004287787	-1,50E-09	-2,19E-09	38,92	29,19
78	9,825208507	0,004285659	-1,72E-10	1,29E-09	72,4	54,3
79	9,826469859	0,004299364	3,35E-10	1,32E-09	117,32	87,99
80	9,827910809	0,004315016	-1,42E-09	-7,07E-10	172,8	129,6
81	9,826404356	0,004298652	2,74E-10	4,72E-10	18,576	13,932
82	9,823897342	0,004271409	-6,19E-10	-4,86E-10	108	81
83	9,872485188	0,004011367	2,79E-09	-3,96E-10	2,68	2,01
84	9,810335113	0,002417023	1,52E-10	-5,96E-10	46,44	34,83
85	9,845406501	0,001846243	2,92E-10	1,30E-10	90,832	68,124
86	9,960338376	-0,000431584	2,05E-09	-2,39E-10	18,576	13,932
87	9,823879507	0,002564181	-8,12E-11	-6,38E-10	18,576	13,932
88	9,819633824	0,002518093	2,74E-10	1,17E-10	18,576	13,932
89	9,82387021	0,004271114	1,82E-10	2,25E-10	4,648	3,486
90	9,845321511	0,001845321	-8,12E-11	4,72E-10	18,576	13,932
91	9,96036482	-0,000432456	-4,44E-10	6,22E-10	0	0
92	9,810325272	0,002416916	-8,12E-11	-2,39E-10	18,576	13,932
93	9,93876914	0,004223658	4,59E-09	2,84E-09	15,72	11,79
94	9,9342939	0,004175576	-2,31E-09	-1,20E-09	108	81
95	9,93409563	0,00417345	4,63E-10	-9,85E-10	103,136	77,352
96	9,935997968	0,004193892	2,65E-10	-6,90E-10	6,24	4,68
97	9,937895401	0,004214274	9,91E-10	1,22E-10	56,808	42,606
98	9,931969491	0,004150595	-3,54E-10	8,97E-11	43,2	32,4
99	9,932463954	0,004155911	-1,07E-09	-1,69E-09	14,672	11,004
100	9,932919795	0,004160811	8,55E-10	1,71E-09	69,12	51,84
101	9,932074991	0,00415173	2,13E-09	-2,83E-12	105,456	79,092
102	9,871965101	0,004005742	2,09E-10	1,56E-10	63,168	47,376
103	9,871635977	0,00400218	4,99E-10	-5,14E-10	69,12	51,84
104	9,870676928	0,004034062	7,15E-10	1,81E-10	172,8	129,6
105	9,935689635	0,004190575	-5,30E-10	-1,31E-10	108	81
106	9,872131388	0,004007541	-5,87E-10	1,25E-09	48,832	36,624
107	9,872177322	0,004016272	5,29E-11	2,17E-10	33,68	25,26
108	9,872364219	0,004010059	3,23E-10	-1,45E-09	19,344	14,508
109	10	3,71E-17	0,008	0,006	0,008	0,006
110	9,937120929	0,004205954	1,44E-10	-6,96E-11	69,12	51,84
111	9,933917256	0,004171527	-1,75E-10	-1,31E-10	108	81
112	9,938715862	0,004223085	3,34E-10	7,25E-11	33,96	25,47
113	9,933419231	0,004166174	-1,75E-10	-1,31E-10	108	81
114	9,933664104	0,004168806	1,33E-09	1,07E-10	23,952	17,964
115	9,936713438	0,004201578	2,06E-09	1,54E-09	56,808	42,606
116	9,935354089	0,004186974	-1,02E-09	-2,63E-09	0,008	0,006
117	9,878881026	0,004029747	-4,84E-10	3,65E-11	0,008	0,006
118	9,91953659	0,004150264	4,62E-09	0,00E+00	0	0
119	9,966244771	0,002320472	2,26E-10	-3,01E-11	0,008	0,006
120	9,919456134	0,004152926	-1,26E-09	1,23E-10	70,76	53,07
121	9,910860345	0,004121288	-4,12E-11	-1,20E-10	219,032	164,274
122	9,998208599	0,000122662	1,29E-09	2,81E-10	0,008	0,006
123	9,918101942	0,004134821	-1,29E-09	-2,04E-09	43,864	32,898
124	9,786043003	0,003359995	1,19E-09	-9,69E-10	43,864	32,898
125	9,918040645	0,004134161	-1,29E-09	9,65E-11	43,864	32,898
126	9,918040645	0,004134161	-1,29E-09	-6,14E-10	43,864	32,898
127	9,785996409	0,003359487	1,55E-09	8,07E-10	43,864	32,898
128	9,79233578	0,003428623	-3,00E-10	1,75E-10	69,12	51,84
129	9,787362237	0,0035953	-1,24E-09	5,80E-10	108	81
130	9,786559281	0,00358654	1,10E-09	-7,72E-10	55,248	41,436



131	9,785792781	0,003598153	-6,34E-11	-2,70E-10	93,784	70,338
132	9,785358255	0,003573435	1,81E-10	4,67E-11	108	81
133	9,784750792	0,003682728	-3,36E-11	6,36E-11	69,12	51,84
134	9,79037437	0,003407237	4,41E-09	2,86E-10	69,12	51,84
135	9,784560293	0,003584705	-1,02E-09	3,65E-11	0,008	0,006
136	9,786248335	0,00357622	1,32E-09	-7,22E-11	75,16	56,37
137	9,788284472	0,003384448	2,97E-09	-5,27E-10	7,328	5,496
138	9,779497577	0,00385891	-1,06E-09	-4,42E-10	108	81
139	9,785198509	0,003571692	7,79E-11	-1,19E-10	31,112	23,334
140	9,789524286	0,003522822	-4,96E-10	3,83E-10	48,584	36,438
141	9,78389899	0,003577488	-4,95E-11	-3,71E-11	136,08	102,06
142	9,778651829	0,003849675	5,41E-10	5,83E-10	280,8	210,6
143	9,785159971	0,003564345	4,73E-10	-3,56E-10	93,96	70,47
144	9,786463632	0,003364584	1,19E-11	-7,02E-10	17,656	13,242
145	9,786491762	0,003364891	1,91E-09	3,69E-10	84,376	63,282
146	9,783726073	0,003575601	4,29E-12	-1,74E-10	33,672	25,254
147	9,784504142	0,003557188	-1,68E-10	1,21E-09	73,336	55,002
148	9,786762703	0,003367848	1,41E-09	6,61E-10	45,04	33,78
149	9,784430709	0,003556386	-1,99E-09	9,96E-10	69,12	51,84
150	9,791172587	0,003415942	-1,24E-09	5,80E-10	108	81
151	9,790700261	0,003410791	-4,15E-10	8,44E-10	90,248	67,686
152	9,786912728	0,003610371	-8,05E-10	-5,15E-10	53,648	40,236
153	9,788825044	0,003546212	1,44E-10	5,52E-10	69,12	51,84
154	9,789678332	0,003399649	4,81E-12	-7,07E-10	172,8	129,6
155	9,787517157	0,003590061	1,05E-10	6,12E-10	49,472	37,104
156	9,786121782	0,003581767	-1,24E-09	-1,02E-09	108	81
157	9,918745569	0,00414175	-1,37E-09	5,69E-10	0,008	0,006
158	9,959881343	0,002459032	-1,52E-09	-8,54E-10	2,336	1,752
159	9,85563909	0,001322511	7,61E-11	-4,98E-10	0,904	0,678
160	9,958181958	0,002440815	9,79E-10	1,27E-09	46,576	34,932
161	9,955577401	0,002412889	1,07E-09	-7,07E-10	172,8	129,6
162	9,92342732	0,002074844	1,50E-10	-2,43E-10	9,144	6,858
163	9,956341734	0,002421082	2,06E-10	-1,89E-09	113,616	85,212
164	9,956319107	0,00242084	-1,01E-09	1,30E-10	14,448	10,836
165	9,954991833	0,00240661	-5,57E-10	4,70E-10	33,112	24,834
166	9,900315304	0,001812893	-1,76E-10	-2,21E-10	136,936	102,702
167	10	2,51E-17	0,008	0,006	0,008	0,006
168	9,955509514	0,002412161	-4,36E-10	1,17E-10	18,576	13,932
169	9,954497359	0,002401306	-3,53E-09	1,26E-09	69,568	52,176
170	9,923294607	0,002079233	9,64E-11	2,79E-11	18,576	13,932
171	9,957458574	0,002433059	6,06E-10	2,77E-10	24,184	18,138
172	9,854693623	0,001312267	6,33E-10	3,86E-10	90,888	68,166
173	9,95430939	0,00239929	-1,75E-10	5,80E-10	108	81
174	9,883406682	0,001627928	2,61E-10	1,84E-11	64,112	48,084
175	9,855050156	0,00131613	1,29E-10	9,65E-11	43,864	32,898
176	9,854980647	0,001315377	-1,75E-10	-4,86E-10	108	81
177	9,867429716	0,001452601	4,81E-12	3,62E-12	172,8	129,6
178	9,855188958	0,001317634	1,82E-09	1,64E-09	0,008	0,006
179	9,855265442	0,001318463	-1,99E-09	-2,20E-09	69,12	51,84
180	9,867915154	0,001457854	-3,07E-10	-4,08E-10	72,904	54,678
181	9,956812262	0,002426133	-8,87E-10	-4,36E-11	46,912	35,184
182	9,95634339	0,002421105	-1,75E-10	2,00E-09	108	81
183	9,923661367	0,002067105	-4,79E-10	9,73E-10	56,8	42,6
184	9,956898844	0,002427057	-6,27E-10	6,85E-10	76,768	57,576

185	9,95557851	0,002412902	6,13E-10	1,58E-11	72,88	54,66
186	9,916828295	0,001992825	-6,62E-10	2,14E-10	0,008	0,006
187	9,956810244	0,002426106	2,00E-10	-2,94E-10	149,04	111,78
188	9,984640836	0,000924775	1,42E-09	1,07E-09	0	0
189	9,984834234	0,000926844	1,42E-09	1,55E-10	0	0
190	9,957687309	0,00243551	-5,68E-09	7,15E-10	117,032	87,774
191	9,958122371	0,002440175	6,29E-10	1,18E-09	18,576	13,932
192	9,984620207	0,000924555	-7,92E-10	-1,66E-09	18,576	13,932
193	9,788272964	0,003384323	3,47E-09	4,02E-09	18,576	13,932
194	9,790366152	0,003407147	-2,21E-09	-1,66E-09	18,576	13,932
195	9,984415204	0,000922362	-8,12E-11	1,18E-09	18,576	13,932
196	9,957748395	0,002436165	1,82E-09	-4,96E-10	0,008	0,006
197	9,984447438	0,000922707	6,29E-10	-1,30E-09	18,576	13,932
198	9,958135298	0,002440313	0,00E+00	1,87E-09	0	0
199	9,918883498	0,004143234	-7,46E-09	5,33E-09	0	0
200	9,918867275	0,00414306	5,84E-09	4,38E-09	46,44	34,83

Solución 7							
NodOrigen	NodDestino	Pérdidas (kW)	Pérdidas (kVAr)	Resistencia	Reactancia	Calibre	Jeconomica
67	65	0,153059519	0,142555434	0,01836	0,0171	2	0,182820418
65	69	0,107485259	0,10010882	0,01785	0,016625	2	0,155389357
69	58	0,075882508	0,070674884	0,014994	0,013965	2	0,142459571
67	84	0,000285713	0,000266105	0,00816	0,0076	2	0,011840135
67	92	0,000131428	0,000122407	0,02346	0,02185	2	0,004736035
59	57	0,00023779	0,00022147	0,00306	0,00285	2	0,017655382
64	70	0,047384625	0,044132739	0,01989	0,018525	2	0,097748841
68	64	0,030810016	0,028695604	0,00867	0,008075	2	0,119380371
58	68	0,025368169	0,023627216	0,005916	0,00551	2	0,131135002
62	60	0,00750838	0,006993099	0,0306	0,0285	2	0,031372552
70	62	0,005480005	0,005103925	0,006324	0,00589	2	0,05895443
60	59	0,00095138	0,000886089	0,01224	0,0114	2	0,0176574
66	63	0,00357761	0,003332089	0,012546	0,011685	2	0,033777781
66	67	0,297563276	0,277142266	0,024072	0,02242	2	0,222592814
63	61	0,001099502	0,001024045	0,01683	0,015675	2	0,016167667
1	16	0,001855486	0,001728149	0,02448	0,0228	2	0,017218708
6	5	0,001865838	0,001737791	0,01122	0,01045	2	0,025736127
2	6	0,005046275	0,004699962	0,014484	0,01349	2	0,03725218
16	17	0,002473409	0,002303665	0,03264	0,0304	2	0,017216715
1	13	0,00026108	0,000243163	0,00459	0,004275	2	0,014915233
8	7	0,004272144	0,003978958	0,02652	0,0247	2	0,025332127
2	8	0,000657353	0,000612245	0,00408	0,0038	2	0,02533395

							4
7	18	6,73225E-05	6,27011E-05	0,00612	0,0057	2	0,00661977 4
85	90	0,000147515	0,000137392	0,02652	0,0247	2	0,00470240 5
9	2	0,061160586	0,056963291	0,03009	0,028025	2	0,08997931 3
87	88	0,435041726	0,405185921	0,02244	0,0209	2	0,27870668 2
88	66	0,563705612	0,525019933	0,03009	0,028025	2	0,27397963 8
19	50	0,21035136	0,195915483	0,02448	0,0228	2	0,18458697 5
50	51	0,044434059	0,041384663	0,01938	0,01805	2	0,09535390 9
51	55	0,03815397	0,03553556	0,03264	0,0304	2	0,06808915 9
55	26	0,01113877	0,010374345	0,02652	0,0247	2	0,04081601 9
26	30	0,002194643	0,00204403	0,02856	0,0266	2	0,01745863 0,02174690
46	39	0,003027841	0,002820048	0,0255	0,02375	2	1
50	53	0,01481996	0,013802904	0,0153	0,01425	2	0,06197528 9
53	23	0,019725188	0,018371499	0,0204	0,019	2	0,06192076 2
23	28	0,013225312	0,012317693	0,02652	0,0247	2	0,04447044 3
28	33	0,005913748	0,005507903	0,03213	0,029925	2	0,02701727 7
20	46	0,014221697	0,013245698	0,02346	0,02185	2	0,04913641 0,08833509
19	43	0,008030894	0,007479754	0,00408	0,0038	2	7
43	24	0,070270303	0,065447831	0,0357	0,03325	2	0,08833507 6
24	34	0,045255342	0,042149584	0,0357	0,03325	2	0,07089252 2
34	37	0,004208908	0,003920061	0,02244	0,0209	2	0,02727086 8
37	40	0,00545164	0,005077508	0,02907	0,027075	2	0,02726884 1
42	47	0,204519529	0,190483876	0,02244	0,0209	2	0,19106570 2
47	49	0,151988267	0,1415577	0,0204	0,019	2	0,17412673 1
32	19	0,351841163	0,327695201	0,01836	0,0171	2	0,27564613 0,02723239
27	35	0,00477575	0,004448002	0,0255	0,02375	2	8
48	44	0,002302978	0,00214493	0,01224	0,0114	2	0,02735853 5
54	22	0,010830914	0,010087616	0,02142	0,01995	2	0,04474491 0,02731912
22	27	0,003652726	0,00340205	0,01938	0,01805	2	7
32	54	0,009080379	0,008457215	0,01224	0,0114	2	0,05419673 8
49	20	0,027749923	0,025845516	0,0102	0,0095	2	0,11750479 3
36	31	0,002282356	0,002125724	0,02958	0,02755	2	0,01753031 6
41	36	0,005823735	0,005424067	0,01887	0,017575	2	0,03505938 2
45	41	0,00462766	0,004310075	0,00714	0,00665	2	0,05080570 2
49	45	0,015659315	0,014584656	0,0102	0,0095	2	0,07819097 1
48	20	0,374765973	0,34904674	0,03774	0,03515	2	0,22357581

							1
29	38	0,478961586	0,446091673	0,03264	0,0304	2	0,26347378 3
38	48	0,359215387	0,334563351	0,02448	0,0228	2	0,26347193 9
21	52	0,341821362	0,318363032	0,01122	0,01045	2	0,36615416 7
25	29	0,333867965	0,310955458	0,0153	0,01425	2	0,31420749 2
52	25	0,728098513	0,678130968	0,02805	0,026125	2	0,34008116 3
32	21	0,470700824	0,438397826	0,01224	0,0114	2	0,40820578 1
20	71	0,65734514	0,612233219	0,05406	0,05035	2	0,22027169 6
71	73	0,001110996	0,001034751	0,00612	0,0057	2	0,02690872
71	75	0,011548665	0,010756111	0,0153	0,01425	2	0,05487553 6
80	74	0,000708286	0,000659679	0,02346	0,02185	2	0,01097501 7
75	80	0,011162883	0,010396803	0,01479	0,013775	2	0,05487350 7
71	72	0,085495765	0,079628409	0,02754	0,02565	2	0,11131520 5
72	79	0,006096342	0,005677965	0,0204	0,019	2	0,03453351 3
72	76	0,024872321	0,023165397	0,02142	0,01995	2	0,06808362 1
76	77	0,011595567	0,010799792	0,01428	0,0133	2	0,05693588 9
78	82	0,013830681	0,012881517	0,06732	0,0627	2	0,02864074 2
79	81	0,000113911	0,000106093	0,0204	0,019	2	0,00472055 4
77	78	0,003392557	0,003159737	0,00612	0,0057	2	0,04704350 4
82	89	1,1809E-05	1,09987E-05	0,033762	0,031445	2	0,00118175 8
114	113	0,002449141	0,002281062	0,01326	0,01235	2	0,02685682 8
111	114	0,003093452	0,002881156	0,01122	0,01045	2	0,03281275 9
93	112	0,000167471	0,000155978	0,00918	0,00855	2	0,00843600 1
105	94	0,044972854	0,041886482	0,02346	0,02185	2	0,08651897 8
94	111	0,008369358	0,007794991	0,00918	0,00855	2	0,05966688 4
93	110	0,080135289	0,074635808	0,01836	0,0171	2	0,13053907 5
110	105	0,060430592	0,056283395	0,01836	0,0171	2	0,11336352
106	102	0,000978811	0,000911638	0,0153	0,01425	2	0,01590444 7
83	106	0,003692454	0,003439051	0,01836	0,0171	2	0,02819893 3
115	96	0,022650202	0,021095777	0,01224	0,0114	2	0,08501317 2
95	100	0,025314389	0,023577127	0,02958	0,02755	2	0,05781649 3
100	99	0,00689574	0,006422503	0,01632	0,0152	2	0,0406264
99	101	0,005355488	0,004987953	0,0153	0,01425	2	0,03697715 4
101	98	0,000422128	0,000393159	0,01428	0,0133	2	0,01074585 5
116	95	0,03911212	0,036427954	0,02193	0,020425	2	0,08346026 2

96	116	0,020011807	0,018638447	0,01122	0,01045	2	0,08346225 1
93	97	0,03685024	0,034321302	0,01122	0,01045	2	0,11324445 4
97	115	0,043634394	0,040639877	0,01734	0,01615	2	0,09913048 8
141	146	0,000547454	0,000509883	0,02958	0,02755	2	0,00863154 5
135	141	0,010554843	0,009830491	0,02244	0,0209	2	0,04351332 9
152	131	0,027749548	0,025845167	0,02448	0,0228	2	0,06754599 6
131	135	0,019672244	0,018322189	0,04182	0,03895	2	0,04351537 9
148	56	0,003069566	0,00285891	0,01938	0,01805	2	0,02524478 9
56	124	0,003202024	0,002982276	0,0255	0,02375	2	0,02247782 9
123	126	0,000249388	0,000232274	0,00816	0,0076	2	0,01094170 3
124	127	0,000192122	0,000178936	0,00612	0,0057	2	0,01123896 3
118	199	0,010784567	0,010044449	0,02142	0,01995	2	0,0444093 3
199	200	6,98662E-05	6,50829E-05	0,00204	0,0019	2	0,01158119 3
199	157	0,001683564	0,001568026	0,00612	0,0057	2	0,03282695 9
157	123	0,007855677	0,007316563	0,02856	0,0266	2	0,03282496 1
198	191	2,21888E-05	2,06626E-05	0,00408	0,0038	2	0,00459759 1
198	196	0,004183362	0,003896269	0,01938	0,01805	2	0,02896314 4
158	198	0,021875179	0,020373941	0,07548	0,0703	2	0,03355962 5
196	190	0,000660441	0,000615114	0,00306	0,00285	2	0,02896117 9
158	160	0,066669571	0,062094209	0,02346	0,02185	2	0,10509620 6
160	171	0,011577085	0,010782579	0,02448	0,0228	2	0,04287142 7
171	187	0,00892741	0,008314743	0,0255	0,02375	2	0,03688649 6
178	175	0,000568318	0,000529316	0,01836	0,0171	2	0,01108201 6
160	184	0,024282905	0,022616431	0,03672	0,0342	2	0,05070005 5
184	163	0,006591966	0,006139577	0,0255	0,02375	2	0,03169976 3
163	164	3,02052E-05	2,81318E-05	0,00918	0,00855	2	0,00357634 3
178	172	0,00420251	0,003914103	0,03162	0,02945	2	0,02296405 7
159	178	0,005662384	0,005273789	0,01938	0,01805	2	0,03404809 8
158	181	0,178619793	0,166361571	0,02856	0,0266	2	0,15593510 6
181	185	0,032328715	0,030110078	0,0255	0,02375	2	0,07021203 4
185	165	0,0114222	0,010638324	0,01632	0,0152	2	0,05216924 8
165	169	0,008114109	0,007557259	0,01632	0,0152	2	0,04397079 2
169	173	0,001876055	0,001747306	0,0102	0,0095	2	0,02674421 2
159	179	0,006177537	0,005753587	0,01224	0,0114	2	0,0447481 2
179	176	0,002871094	0,002674059	0,0153	0,01425	2	0,02728604 2

161	168	0,000116525	0,000108528	0,02142	0,01995	2	0,00459892 3
182	161	0,013545363	0,012615779	0,02346	0,02185	2	0,04737873 3
181	182	0,012970002	0,012079904	0,00918	0,00855	2	0,07411202 1
180	177	0,007820231	0,007283549	0,01632	0,0152	2	0,04354757 5
130	156	0,010163109	0,00946564	0,0102	0,0095	2	0,06331998 8
129	130	0,022822565	0,02125631	0,0153	0,01425	2	0,07747417 3
156	132	0,009985292	0,009300027	0,03162	0,02945	2	0,03564861 0,00797291 9
132	139	0,000467235	0,000435169	0,02958	0,02755	2	0,06059074 8
136	143	0,024190698	0,022530552	0,02652	0,0247	2	0,03651191 0,07984747 7
143	147	0,008783762	0,008180955	0,02652	0,0247	2	0,01771573 5
155	136	0,037165923	0,034615321	0,02346	0,02185	2	0,07205555 4
147	149	0,000477206	0,000444456	0,00612	0,0057	2	0,18699364 4
138	142	0,022341143	0,020807927	0,01734	0,01615	2	0,00452336 8
128	150	0,079823658	0,074345564	0,00918	0,00855	2	0,02614033 6
145	144	4,66862E-05	4,34824E-05	0,00918	0,00855	2	0,02244965 2
148	145	0,002598548	0,002420215	0,0153	0,01425	2	0,00475553 5
151	134	0,002685348	0,00250106	0,02142	0,01995	2	0,04555105 5
134	194	1,43444E-05	1,3361E-05	0,00255	0,002375	2	0,0137167 0,00914458 4
150	151	0,007897051	0,007355097	0,0153	0,01425	2	0,00457232 7
189	188	0,00099299	0,000924843	0,0204	0,019	2	0,00457193 6
188	197	0,000662002	0,00061657	0,0306	0,0285	2	0,06292360 1
197	195	5,51672E-05	5,13822E-05	0,0102	0,0095	2	0,06955771 1
188	192	3,5304E-05	3,28825E-05	0,006528	0,00608	2	0,00475836 2
137	148	0,035131919	0,032720905	0,0357	0,03325	2	0,11379975 2
154	137	0,035572256	0,033131023	0,02958	0,02755	2	0,84507370 4
137	193	2,00941E-05	1,87157E-05	0,00357	0,003325	2	0,01094170 3
150	154	0,062397478	0,058115298	0,01938	0,01805	2	0,53667248 7
117	83	1,953896819	1,819805861	0,01122	0,01045	2	0,53207889 6
123	125	0,000249388	0,000232274	0,00816	0,0076	2	0,01157629 1,25967348 3
201	91	7,843125648	7,304871927	0,108528	0,10108	2	1,23210670 4
91	1	6,75871353	6,294880249	0,095166	0,088635	2	1,18845989 6
91	86	6,14563E-05	2,08036E-05	0,011308	0,003828	1	1,18845989 6
1	12	1,770386721	0,599313793	0,02827	0,00957	1	
3	11	3,539956513	1,198351038	0,05911	0,02001	1	
11	14	5,15244117	1,744211602	0,09252	0,03132	1	

14	10	6,079266522	2,057961819	0,116935	0,039585	1	1,148494726
12	3	2,385642543	0,807591055	0,039835	0,013485	1	1,232111736
10	85	0,005950678	0,002014432	0,03084	0,01044	1	0,069782132
10	9	1,651510461	0,559071635	0,04112	0,01392	1	1,009835936
9	87	1,932384384	0,654153469	0,096375	0,032625	1	0,71413147
83	32	1,568007805	1,460399426	0,01173	0,010925	2	0,74270062
201	122	1,308937675	0,121910862	0,00357	0,0003325	3	0,60811552
119	93	20,12010907	1,873931727	0,054876	0,005111	3	0,60811356
122	119	23,37381001	2,176972501	0,06375	0,0059375	3	0,608114569
118	120	0,00071519	0,000242107	0,008995	0,003045	1	0,044460413
93	118	6,705768266	6,245568482	0,02958	0,02755	2	0,961156749
118	121	2,825929322	2,631992996	0,01428	0,0133	2	0,899446208
121	117	9,769531347	9,099073313	0,0561	0,05225	2	0,8450757
103	104	0,020921638	0,007082422	0,04369	0,01479	1	0,109650628
83	103	0,019145898	0,017831964	0,0204	0,019	2	0,060923114
108	107	0,000794549	0,000268972	0,04369	0,01479	1	0,021365236
83	108	0,000597691	0,000556673	0,01326	0,01235	2	0,013349618
140	152	0,105492206	0,035711369	0,06425	0,02175	1	0,204817104
189	158	16,64211737	1,550001128	0,051	0,00475	3	0,569370416
158	183	11,23703018	10,46586145	0,06324	0,0589	2	0,843621511
183	186	2,066435492	1,924621293	0,01224	0,0114	2	0,822564739
186	166	4,993861262	4,651145293	0,02958	0,02755	2	0,822562746
166	174	4,898466139	4,562296895	0,03162	0,02945	2	0,788285579
174	180	4,395573305	4,093916314	0,02958	0,02755	2	0,772181987
180	159	3,202077575	2,982327154	0,0255	0,02375	2	0,710267049
162	170	0,000309577	0,000104798	0,05654	0,01914	1	0,011662765
183	162	0,0008147	0,000275793	0,06682	0,02262	1	0,017403597
159	128	19,85121576	6,720061366	0,20046	0,06786	1	1,590493242
128	140	0,27785518	0,094059925	0,02827	0,00957	1	0,501067342
140	129	0,112972253	0,038243526	0,04112	0,01392	1	0,264907882
128	153	0,397120201	0,134433687	0,03084	0,01044	1	0,573710559
153	155	0,060133337	0,020356422	0,02827	0,00957	1	0,23311262
133	138	0,260261954	0,088104241	0,10537	0,03567	1	0,251367241
153	133	0,237705224	0,080468305	0,06939	0,02349	1	0,296001176
201	189	10,23066855	0,952856385	0,0306	0,00285	3	0,576227456
202	42	0,315682647	0,029401815	0,0306	0,00285	3	0,101255256

Solución 8						
Nodo	Tensión (kV)	Ángulo	Pgenerada (kW)	Qgenerada (kVAr)	Pload (kW)	Qload (kVAr)
201	10	0	11447,60937	8934,596273	0	0
202	9,85012851	0,004292355	950	312,2499	0	0
1	9,925912529	-0,000811255	-1,78E-10	1,95E-09	0	0
2	9,83572557	0,002087273	5,36E-10	2,36E-09	108	81
3	9,909022668	-0,000257349	-1,29E-10	-2,30E-10	0,008	0,006
4	10	-2,43E-18	0,008	0,006	0,008	0,006
5	9,835161603	0,002081151	6,04E-10	-2,58E-10	101,464	76,098
6	9,835358209	0,002083285	-4,84E-10	2,12E-09	45,4	34,05
7	9,835197824	0,002081544	4,23E-09	3,33E-10	73,768	55,326
8	9,835655199	0,002086509	-6,62E-10	-1,41E-10	0,008	0,006
9	9,837568932	0,002107281	-1,06E-09	-4,86E-10	108	81
10	9,845836227	0,00183192	5,36E-10	2,26E-12	108	81
11	9,894502096	0,000220407	-3,36E-11	-1,58E-10	69,12	51,84
12	9,918809584	-0,000578527	4,84E-10	-1,70E-10	43,864	32,898
13	9,92586549	-0,000811761	1,70E-10	-2,28E-10	59,888	44,916
14	9,872589009	0,000944021	6,57E-10	9,33E-11	63,008	47,256
15	10	-5,66E-18	0,008	0,006	0,008	0,006
16	9,925622929	-0,00081437	-3,07E-10	5,69E-10	0,008	0,006
17	9,925236841	-0,000818524	4,99E-10	1,08E-10	69,12	51,84
18	9,835170242	0,002081244	-1,98E-09	6,43E-10	26,096	19,572
19	9,834979421	0,003539978	2,67E-10	-1,22E-09	10,8	8,1
20	9,788334533	0,003033832	1,48E-09	1,15E-09	0,448	0,336
21	9,833604198	0,003525246	-1,42E-09	2,49E-09	172,8	129,6
22	9,837332287	0,003565496	-5,67E-10	-4,25E-10	69,12	51,84
23	9,830373739	0,003489976	-9,22E-10	-1,85E-09	69,12	51,84
24	9,832574365	0,00351387	8,55E-10	4,63E-10	69,12	51,84
25	9,819775561	0,003375552	1,25E-09	1,29E-09	108	81
26	9,82836112	0,003468115	5,22E-12	1,82E-10	92,48	69,36
27	9,836969717	0,003561561	6,70E-10	-3,07E-11	0,344	0,258
28	9,829566694	0,00348121	1,21E-09	2,86E-10	69,12	51,84
29	9,814755234	0,003321116	-1,95E-09	-7,95E-10	216	162
30	9,828019951	0,003464408	4,99E-10	-6,96E-11	69,12	51,84
31	9,785960241	0,00300793	1,44E-10	2,86E-10	69,12	51,84
32	9,838442963	0,003577551	2,75E-09	-6,03E-10	40,32	30,24
33	9,828972683	0,003474757	4,56E-11	-3,21E-10	106,984	80,238
34	9,830842249	0,003495059	-3,50E-10	-1,24E-09	172,8	129,6
35	9,836494166	0,003556399	-5,30E-10	2,24E-10	108	81
36	9,786315113	0,003011802	-2,11E-10	-7,80E-10	69,12	51,84
37	9,830423451	0,003490511	7,59E-10	5,69E-10	0,008	0,006
38	9,805265392	0,003218101	-3,07E-10	3,92E-10	0,008	0,006
39	9,787166285	0,003021087	-7,64E-11	-3,24E-10	85,744	64,308
40	9,829880959	0,003484618	-1,75E-10	2,24E-10	108	81
41	9,786767872	0,003016742	-6,22E-10	-2,60E-09	62,096	46,572
42	9,786910306	0,003018295	2,81E-10	-1,44E-10	50,904	38,178
43	9,834732749	0,0035373	-2,13E-09	-1,60E-09	0	0
44	9,79791895	0,003138212	-1,75E-10	-1,31E-10	108	81
45	9,787016134	0,00301945	-1,75E-10	5,80E-10	108	81
46	9,787545739	0,003025227	8,91E-10	-4,86E-10	108	81
47	9,787108551	0,003020458	7,39E-10	1,09E-09	77,168	57,876



48	9,798148113	0,00314071	-3,36E-11	-4,25E-10	69,12	51,84
49	9,787561977	0,003025405	0,00E+00	3,55E-10	0	0
50	9,831887077	0,003506411	-1,75E-10	1,29E-09	108	81
51	9,830622505	0,003492678	-7,08E-10	-6,64E-10	108	81
52	9,829503571	0,003480895	2,31E-09	5,80E-10	108	81
53	9,831238177	0,003499364	6,02E-10	-2,59E-10	0,216	0,162
54	9,837988656	0,00357262	8,62E-10	5,58E-10	37,496	28,122
55	9,829101771	0,003476161	3,01E-12	7,57E-10	108	81
56	9,841215326	0,004299272	-8,85E-11	-5,10E-10	10,8	8,1
57	9,801155806	0,002317095	2,28E-09	-4,25E-10	69,12	51,84
58	9,804791246	0,002356691	-1,07E-09	-2,71E-10	44,368	33,276
59	9,80119246	0,002317495	1,47E-09	5,19E-09	0,008	0,006
60	9,801339093	0,002319092	-1,59E-10	1,57E-09	53,696	40,272
61	9,813564742	0,00245214	-5,28E-10	4,81E-11	63,456	47,592
62	9,801990417	0,002326188	2,67E-09	4,02E-10	108	81
63	9,813749585	0,002454152	4,99E-10	-1,14E-09	69,12	51,84
64	9,803562543	0,002343311	-1,28E-09	1,97E-10	84,728	63,546
65	9,808122835	0,002392954	9,62E-10	-2,55E-10	107,544	80,658
66	9,814037466	0,002457284	1,57E-09	8,19E-10	69,12	51,84
67	9,810400724	0,002417737	-2,05E-10	1,00E-09	90,984	68,238
68	9,804264838	0,002350959	6,30E-09	1,70E-09	46,048	34,536
69	9,806240666	0,00237247	3,13E-09	1,11E-09	50,672	38,004
70	9,802243376	0,002328943	-1,10E-10	-1,24E-09	151,912	113,934
71	9,780193767	0,002945043	-5,28E-09	-4,99E-10	106,984	80,238
72	9,778098287	0,002922168	5,66E-10	6,02E-10	34,232	25,674
73	9,780081162	0,002943814	8,30E-10	-4,43E-10	105,944	79,458
74	9,778888818	0,002930795	3,56E-10	4,45E-10	43,2	32,4
75	9,779619732	0,002938776	4,86E-11	-1,41E-10	0,008	0,006
76	9,777101513	0,002911284	1,29E-10	1,16E-09	43,864	32,898
77	9,776545814	0,002905215	-1,50E-09	1,36E-09	38,92	29,19
78	9,77634904	0,002903066	-2,61E-10	2,09E-09	72,4	54,3
79	9,777616697	0,002916909	3,35E-10	2,51E-10	117,32	87,99
80	9,779064851	0,002932718	7,15E-10	1,42E-09	172,8	129,6
81	9,777550867	0,00291619	-8,12E-11	-5,94E-10	18,576	13,932
82	9,775031321	0,002888673	-8,58E-11	-4,22E-11	108	81
83	9,845810008	0,003657199	-5,49E-11	3,51E-09	2,68	2,01
84	9,810335113	0,002417023	8,63E-10	1,14E-10	46,44	34,83
85	9,845406501	0,001846243	2,92E-10	4,86E-10	90,832	68,124
86	9,960338376	-0,000431584	2,05E-09	1,17E-10	18,576	13,932
87	9,823879507	0,002564181	6,29E-10	-6,09E-11	18,576	13,932
88	9,819633824	0,002518093	-8,12E-11	-7,71E-10	18,576	13,932
89	9,775004053	0,002888376	4,01E-12	4,74E-11	4,648	3,486
90	9,845321511	0,001845321	2,74E-10	4,72E-10	18,576	13,932
91	9,96036482	-0,000432456	-7,99E-10	0,00E+00	0	0
92	9,810325272	0,002416916	2,74E-10	1,17E-10	18,576	13,932
93	9,926409936	0,004521452	3,88E-09	6,71E-09	15,72	11,79
94	9,921929119	0,00447325	-8,85E-10	-8,42E-10	108	81
95	9,921730601	0,004471119	1,07E-10	4,36E-10	103,136	77,352
96	9,92363531	0,004491612	2,40E-09	7,31E-10	6,24	4,68
97	9,925535108	0,004512045	1,35E-09	1,19E-09	56,808	42,606
98	9,919601811	0,004448208	-3,54E-10	8,97E-11	43,2	32,4
99	9,92009689	0,004453537	3,51E-10	-9,80E-10	14,672	11,004
100	9,9205533	0,004458449	-2,11E-10	6,41E-10	69,12	51,84
101	9,919707442	0,004449345	1,42E-09	2,84E-09	105,456	79,092

102	9,845288513	0,003651543	-5,02E-10	8,67E-10	63,168	47,376
103	9,844958497	0,003647962	1,21E-09	-1,58E-10	69,12	51,84
104	9,843996848	0,003680016	-7,06E-10	3,62E-12	172,8	129,6
105	9,923326593	0,004488288	5,36E-10	5,80E-10	108	81
106	9,84545525	0,003653351	-2,01E-09	1,81E-10	48,832	36,624
107	9,845501309	0,003662129	-3,02E-10	3,97E-11	33,68	25,26
108	9,845688712	0,003655883	-1,10E-09	-7,35E-10	19,344	14,508
109	10	2,13E-17	0,008	0,006	0,008	0,006
110	9,924759671	0,004503704	-5,67E-10	-4,25E-10	69,12	51,84
111	9,921552006	0,004469192	5,36E-10	-1,31E-10	108	81
112	9,926356591	0,004520878	3,34E-10	7,83E-10	33,96	25,47
113	9,92105336	0,004463825	5,36E-10	-1,31E-10	108	81
114	9,921298538	0,004466464	1,33E-09	1,07E-10	23,952	17,964
115	9,924351672	0,004499318	9,91E-10	4,77E-10	56,808	42,606
116	9,922990628	0,004484677	-6,62E-10	-8,52E-10	0,008	0,006
117	9,853649764	0,00374186	9,37E-10	3,65E-11	0,008	0,006
118	9,903365132	0,004275645	6,39E-09	3,55E-10	0	0
119	9,959432662	0,002482687	1,11E-09	1,43E-11	0,008	0,006
120	9,903284544	0,004278316	1,63E-10	8,33E-10	70,76	53,07
121	9,892849672	0,004163155	1,56E-09	-8,30E-10	219,032	164,274
122	9,997847157	0,000131152	-3,68E-09	1,25E-10	0,008	0,006
123	9,901928141	0,004260151	-2,27E-10	-2,59E-10	43,864	32,898
124	9,840829208	0,004295082	2,62E-09	4,52E-10	43,864	32,898
125	9,901866743	0,004259489	1,55E-09	9,65E-11	43,864	32,898
126	9,901866743	0,004259489	1,29E-10	9,65E-11	43,864	32,898
127	9,840782873	0,00429458	1,29E-10	-6,14E-10	43,864	32,898
128	9,847086959	0,004362949	-1,10E-09	-1,27E-09	69,12	51,84
129	9,842141106	0,004527776	-1,75E-10	1,35E-10	108	81
130	9,841342621	0,004519114	3,92E-10	-7,72E-10	55,248	41,436
131	9,840580393	0,004530598	-1,48E-09	2,63E-10	93,784	70,338
132	9,840148282	0,004506155	-5,30E-10	2,24E-10	108	81
133	9,839544247	0,004614234	1,44E-10	1,97E-10	69,12	51,84
134	9,845136461	0,0043418	1,21E-09	-4,25E-10	69,12	51,84
135	9,83935477	0,004517299	-6,62E-10	3,65E-11	0,008	0,006
136	9,841033423	0,004508908	6,14E-10	-1,14E-09	75,16	56,37
137	9,843058199	0,004319264	-2,72E-09	-5,27E-10	7,328	5,496
138	9,834320321	0,004788457	7,14E-10	2,24E-10	108	81
139	9,839989426	0,004504431	-2,77E-10	-1,19E-10	31,112	23,334
140	9,84429112	0,004456103	1,64E-09	1,17E-10	48,584	36,438
141	9,83869715	0,004510162	-4,05E-10	3,18E-10	136,08	102,06
142	9,833479289	0,004779325	-1,70E-10	-1,27E-10	280,8	210,6
143	9,839951119	0,004497165	8,29E-10	3,55E-10	93,96	70,47
144	9,841247495	0,004299621	7,22E-10	7,19E-10	17,656	13,242
145	9,841275469	0,004299924	1,91E-09	7,24E-10	84,376	63,282
146	9,838525197	0,004508296	4,29E-12	-1,74E-10	33,672	25,254
147	9,839298943	0,004490087	8,98E-10	-2,70E-09	73,336	55,002
148	9,841544901	0,004302848	3,48E-10	-2,28E-10	45,04	33,78
149	9,839225918	0,004489295	-5,67E-10	-4,25E-10	69,12	51,84
150	9,845930238	0,004350409	1,25E-09	2,36E-09	108	81
151	9,84546054	0,004345315	-4,15E-10	4,88E-10	90,248	67,686
152	9,841694104	0,00454268	1,33E-09	6,39E-10	53,648	40,236
153	9,843595784	0,004479234	-1,81E-09	3,74E-10	69,12	51,84
154	9,844444299	0,004334296	3,60E-10	-3,52E-10	172,8	129,6
155	9,842295179	0,004522595	1,05E-10	7,88E-11	49,472	37,104

156	9,840907558	0,004514393	-5,30E-10	-3,09E-10	108	81
157	9,902572819	0,004267103	-1,37E-09	-1,56E-09	0,008	0,006
158	9,968133577	0,00226283	9,63E-10	-4,99E-10	2,336	1,752
159	9,888553369	0,002256444	-5,46E-10	1,12E-09	0,904	0,678
160	9,966435599	0,002244643	-4,42E-10	1,09E-09	46,576	34,932
161	9,9638332	0,002216763	3,60E-10	-3,52E-10	172,8	129,6
162	9,939818701	0,002248723	3,28E-10	-2,43E-10	9,144	6,858
163	9,9645969	0,002224942	-5,05E-10	-2,24E-09	113,616	85,212
164	9,964574292	0,0022247	4,11E-10	8,41E-10	14,448	10,836
165	9,963248119	0,002210494	1,54E-10	-2,40E-10	33,112	24,834
166	9,922086562	0,002233013	-1,76E-10	1,34E-10	136,936	102,702
167	10	1,06E-18	0,008	0,006	0,008	0,006
168	9,96376537	0,002216036	-8,12E-11	1,17E-10	18,576	13,932
169	9,962754054	0,002205199	-2,11E-09	-1,23E-09	69,568	52,176
170	9,939686207	0,002253097	-8,12E-11	1,17E-10	18,576	13,932
171	9,965712814	0,002236899	6,06E-10	2,77E-10	24,184	18,138
172	9,88761105	0,002246268	2,77E-10	3,86E-10	90,888	68,166
173	9,962566241	0,002203186	-8,85E-10	-8,42E-10	108	81
174	9,909243902	0,002234935	6,17E-10	3,74E-10	64,112	48,084
175	9,887966396	0,002250106	4,84E-10	-2,59E-10	43,864	32,898
176	9,887897119	0,002249358	5,36E-10	-1,31E-10	108	81
177	9,897070882	0,002235024	-7,06E-10	-3,52E-10	172,8	129,6
178	9,888104736	0,0022516	-1,02E-09	-1,21E-09	0,008	0,006
179	9,888180966	0,002252423	1,44E-10	-2,20E-09	69,12	51,84
180	9,897554865	0,002240246	1,82E-09	1,37E-09	72,904	54,678
181	9,965067039	0,002229984	5,34E-10	-3,99E-10	46,912	35,184
182	9,964598555	0,002224965	-1,24E-09	-1,31E-10	108	81
183	9,940052362	0,002241009	-1,19E-09	2,63E-10	56,8	42,6
184	9,965153548	0,002230907	8,40E-11	1,52E-10	76,768	57,576
185	9,963834309	0,002216776	-9,73E-11	1,58E-11	72,88	54,66
186	9,934794067	0,002238671	-3,07E-10	2,14E-10	0,008	0,006
187	9,965065022	0,002229958	-1,56E-10	6,08E-11	149,04	111,78
188	9,987736599	0,00085182	-1,07E-09	-3,55E-10	0	0
189	9,987929937	0,000853887	1,42E-09	6,66E-11	0	0
190	9,96594136	0,002239346	-2,84E-09	3,56E-09	117,032	87,774
191	9,966376062	0,002244003	6,29E-10	2,60E-09	18,576	13,932
192	9,987715977	0,000851599	2,05E-09	-2,39E-10	18,576	13,932
193	9,843046755	0,00431914	3,47E-09	6,87E-09	18,576	13,932
194	9,845128289	0,004341711	3,47E-09	4,02E-09	18,576	13,932
195	9,987511037	0,000849408	1,34E-09	1,18E-09	18,576	13,932
196	9,966002395	0,00224	1,82E-09	-3,34E-09	0,008	0,006
197	9,98754326	0,000849753	1,34E-09	-2,39E-10	18,576	13,932
198	9,966388978	0,002244142	-3,73E-09	-2,66E-10	0	0
199	9,902710973	0,004268592	1,67E-08	2,13E-09	0	0
200	9,902694723	0,004268417	-5,53E-09	-1,31E-09	46,44	34,83

Solución 8							
NodOrigen	NodDestino	Pérdidas (kW)	Pérdidas (kVAr)	Resistencia	Reactancia	Calibre	Jeconomica
67	65	0,153059518	0,142555434	0,01836	0,0171	2	0,182820418
65	69	0,107485259	0,10010882	0,01785	0,016625	2	0,155389357

69	58	0,075882507	0,070674883	0,014994	0,013965	2	0,14245956 8
67	84	0,000285713	0,000266104	0,00816	0,0076	2	0,01184010 6
67	92	0,000131428	0,000122408	0,02346	0,02185	2	0,00473603 5
59	57	0,000237793	0,00022147	0,00306	0,00285	2	0,01765559 3
64	70	0,047384625	0,044132739	0,01989	0,018525	2	0,09774884 1
68	64	0,030810018	0,028695606	0,00867	0,008075	2	0,11938037 9
58	68	0,025368169	0,023627216	0,005916	0,00551	2	0,13113500 2
62	60	0,007508379	0,006993099	0,0306	0,0285	2	0,03137255 0,05895444
70	62	0,005480007	0,005103925	0,006324	0,00589	2	5 0,01765741
60	59	0,00095138	0,00088609	0,01224	0,0114	2	3 0,03377777
66	63	0,00357761	0,003332087	0,012546	0,011685	2	5 0,22259281
66	67	0,297563276	0,277142266	0,024072	0,02242	2	4 0,01616766
63	61	0,001099502	0,001024046	0,01683	0,015675	2	7 0,01721870
1	16	0,001855486	0,001728149	0,02448	0,0228	2	4 0,02573815
6	5	0,001865838	0,001737791	0,01122	0,01045	2	7 0,03725420
2	6	0,005046275	0,004699962	0,014484	0,01349	2	3 0,01721671
16	17	0,002473409	0,002303665	0,03264	0,0304	2	3 0,01491531
1	13	0,000261082	0,000243163	0,00459	0,004275	2	4 0,02533212
8	7	0,004272144	0,003978958	0,02652	0,0247	2	7 0,02533411
2	8	0,000657357	0,000612246	0,00408	0,0038	2	9 0,00661963
7	18	6,73211E-05	6,27011E-05	0,00612	0,0057	2	5 0,00470242
85	90	0,000147516	0,000137392	0,02652	0,0247	2	7 0,08998133
9	2	0,061160586	0,056963291	0,03009	0,028025	2	8 0,27870668
87	88	0,435041726	0,405185921	0,02244	0,0209	2	2 0,27397963
88	66	0,563705612	0,525019933	0,03009	0,028025	2	8 0,18564788
19	50	0,211560349	0,197041502	0,02448	0,0228	2	4 0,09590201
50	51	0,04468947	0,041622546	0,01938	0,01805	2	3 0,06848059
51	55	0,03837331	0,035739847	0,03264	0,0304	2	8 0,04105067
55	26	0,011202809	0,010433989	0,02652	0,0247	2	8 0,01755900
26	30	0,002207261	0,002055782	0,02856	0,0266	2	6 0,02196433
46	39	0,003058114	0,002848244	0,0255	0,02375	2	7 0,06233149
50	53	0,01490514	0,013882238	0,0153	0,01425	2	8 0,06227666
53	23	0,019838561	0,018477092	0,0204	0,019	2	9 0,04472605
23	28	0,013301331	0,012388495	0,02652	0,0247	2	9 0,02717258
28	33	0,005947743	0,005539564	0,03213	0,029925	2	1

20	46	0,014363883	0,013378126	0,02346	0,02185	2	0,04962766 9
19	43	0,008077035	0,007522728	0,00408	0,0038	2	0,08884262 3
43	24	0,070674081	0,065823899	0,0357	0,03325	2	0,08884265 6
24	34	0,045515405	0,042391799	0,0357	0,03325	2	0,07129991
34	37	0,004233097	0,00394259	0,02244	0,0209	2	0,02742759 6
37	40	0,005482972	0,00510669	0,02907	0,027075	2	0,02742556 2
47	42	0,00094854	0,000883443	0,02244	0,0209	2	0,01304034 4
49	47	0,005458292	0,005083703	0,0204	0,019	2	0,03280807 1
32	19	0,353863182	0,329578453	0,01836	0,0171	2	0,27723025 8
27	35	0,00480316	0,004473532	0,0255	0,02375	2	0,02738869 7
48	44	0,002323706	0,002164236	0,01224	0,0114	2	0,02760478 4
54	22	0,010893073	0,01014551	0,02142	0,01995	2	0,04500170 5
22	27	0,003673692	0,003421576	0,01938	0,01805	2	0,02747592 8
32	54	0,009132491	0,00850575	0,01224	0,0114	2	0,05450777 1
20	49	0,031690747	0,029515893	0,0102	0,0095	2	0,11180156 1
36	31	0,002305785	0,002147545	0,02958	0,02755	2	0,01771026 8
41	36	0,005883513	0,005479742	0,01887	0,017575	2	0,03541924 8
45	41	0,004675158	0,004354312	0,00714	0,00665	2	0,05132717 2
49	45	0,015820035	0,014734347	0,0102	0,0095	2	0,07899348 9
48	20	1,382023431	1,287178686	0,03774	0,03515	2	0,38402201 1
29	38	1,494221478	1,391676867	0,03264	0,0304	2	0,42929495 4
38	48	1,120655425	1,0437477	0,02448	0,0228	2	0,42929291 5
21	52	0,811597329	0,755899473	0,01122	0,01045	2	0,53922373
25	29	0,892105138	0,830882237	0,0153	0,01425	2	0,48431477 1
52	25	1,827060873	1,701674343	0,02805	0,026125	2	0,51179651 6
32	21	1,035903802	0,964812364	0,01224	0,0114	2	0,58307062 9
20	71	0,66392967	0,618365869	0,05406	0,05035	2	0,22247812 5
71	73	0,001122119	0,001045112	0,00612	0,0057	2	0,02717811 9
71	75	0,011664324	0,010863831	0,0153	0,01425	2	0,05542511 2
80	74	0,000715379	0,000666285	0,02346	0,02185	2	0,01108493
75	80	0,011274679	0,010500927	0,01479	0,013775	2	0,05542306 5
71	72	0,086352421	0,080426274	0,02754	0,02565	2	0,11243056 7
72	79	0,006157414	0,005734846	0,0204	0,019	2	0,03487946 5
72	76	0,025121573	0,023397543	0,02142	0,01995	2	0,06876590 5
76	77	0,011711774	0,010908025	0,01428	0,0133	2	0,05750647 9

78	82	0,013969308	0,01301063	0,06732	0,0627	2	0,02892781 2
79	81	0,000115053	0,000107157	0,0204	0,019	2	0,00476784 3
77	78	0,003426561	0,003191404	0,00612	0,0057	2	0,04751502 3
82	89	1,19275E-05	1,1109E-05	0,033762	0,031445	2	0,00119361 5
114	113	0,002455249	0,002286752	0,01326	0,01235	2	0,02692381 3
111	114	0,003101168	0,002888343	0,01122	0,01045	2	0,03289461 1
93	112	0,000167888	0,000156367	0,00918	0,00855	2	0,00845701 1
105	94	0,045085025	0,041990954	0,02346	0,02185	2	0,08673477 2
94	111	0,008390234	0,007814435	0,00918	0,00855	2	0,05981571 1
93	110	0,080335128	0,074821933	0,01836	0,0171	2	0,13086460 9
110	105	0,060581305	0,056423764	0,01836	0,0171	2	0,11364624 6
106	102	0,00098412	0,000916583	0,0153	0,01425	2	0,01599071 4
83	106	0,003712492	0,003457713	0,01836	0,0171	2	0,02835195 8
115	96	0,022706707	0,021148402	0,01224	0,0114	2	0,08522525 1
95	100	0,025377547	0,023635951	0,02958	0,02755	2	0,05796074 2
100	99	0,006912945	0,006438527	0,01632	0,0152	2	0,04072776 4
99	101	0,005368851	0,0050004	0,0153	0,01425	2	0,03706941 5
101	98	0,000423183	0,000394142	0,01428	0,0133	2	0,01077269 7
116	95	0,039209692	0,036518831	0,02193	0,020425	2	0,08366846 9
96	116	0,020061729	0,018684944	0,01122	0,01045	2	0,08367045 9
93	97	0,036942149	0,034406903	0,01122	0,01045	2	0,11352689 8
97	115	0,043743236	0,040741249	0,01734	0,01615	2	0,09937775 9
141	146	0,000541372	0,000504219	0,02958	0,02755	2	0,00853566 5
135	141	0,010437596	0,009721291	0,02244	0,0209	2	0,04302996 8
152	131	0,027441339	0,02555811	0,02448	0,0228	2	0,06679577 5
131	135	0,019453718	0,018118659	0,04182	0,03895	2	0,04303199 4
148	56	0,003035483	0,002827165	0,01938	0,01805	2	0,02496448 6
56	124	0,00316647	0,002949163	0,0255	0,02375	2	0,02222824 6
123	126	0,000250202	0,000233032	0,00816	0,0076	2	0,01097742 9
124	127	0,000189989	0,000176952	0,00612	0,0057	2	0,01111418 1
118	199	0,010819825	0,010077288	0,02142	0,01995	2	0,04455448 6
199	200	7,0105E-05	6,52932E-05	0,00204	0,0019	2	0,01162076 8
199	157	0,001689067	0,00157315	0,00612	0,0057	2	0,03293424 8
157	123	0,007881362	0,007340483	0,02856	0,0266	2	0,03293228 2

198	191	2,21462E-05	2,06271E-05	0,00408	0,0038	2	0,004588757
198	196	0,004176435	0,003889817	0,01938	0,01805	2	0,028915182
158	198	0,021838959	0,020340207	0,07548	0,0703	2	0,033504058
196	190	0,000659352	0,000614097	0,00306	0,00285	2	0,028913444
158	160	0,066559164	0,061991379	0,02346	0,02185	2	0,104924142
160	171	0,011557913	0,010764722	0,02448	0,0228	2	0,042802409
171	187	0,008912625	0,008300974	0,0255	0,02375	2	0,036827383
178	175	0,00056454	0,000525797	0,01836	0,0171	2	0,011008354
160	184	0,024242689	0,022578975	0,03672	0,0342	2	0,050616088
184	163	0,006581049	0,006129408	0,0255	0,02375	2	0,031647261
163	164	3,01554E-05	2,80849E-05	0,00918	0,00855	2	0,003570454
178	172	0,004174575	0,003888084	0,03162	0,02945	2	0,02281141
159	178	0,005624746	0,005238734	0,01938	0,01805	2	0,033821778
158	181	0,178323906	0,166085991	0,02856	0,0266	2	0,155676797
181	185	0,032275155	0,030060193	0,0255	0,02375	2	0,070095711
185	165	0,011403274	0,010620697	0,01632	0,0152	2	0,052082806
165	169	0,008100665	0,007544737	0,01632	0,0152	2	0,043897935
169	173	0,001872946	0,001744408	0,0102	0,0095	2	0,026699897
159	179	0,006136475	0,005715346	0,01224	0,0114	2	0,044450663
179	176	0,002852011	0,002656283	0,0153	0,01425	2	0,027104683
161	168	0,000116331	0,000108348	0,02142	0,01995	2	0,004591281
182	161	0,013522925	0,012594881	0,02346	0,02185	2	0,04730025
181	182	0,012948518	0,012059894	0,00918	0,00855	2	0,073989259
180	177	0,007773458	0,007239986	0,01632	0,0152	2	0,043287113
130	156	0,010050254	0,009360532	0,0102	0,0095	2	0,06261686
129	130	0,022569144	0,021020281	0,0153	0,01425	2	0,076613904
156	132	0,009874405	0,00919675	0,03162	0,02945	2	0,03525273
132	139	0,000462045	0,000430336	0,02958	0,02755	2	0,007884366
136	143	0,023922027	0,022280318	0,02652	0,0247	2	0,059917804
143	147	0,008686201	0,008090089	0,02652	0,0247	2	0,036106373
155	136	0,036753175	0,034230898	0,02346	0,02185	2	0,078960725
147	149	0,00047191	0,000439522	0,00612	0,0057	2	0,017519113
138	142	0,022092706	0,02057654	0,01734	0,01615	2	0,071254286
128	150	0,078937858	0,073520555	0,00918	0,00855	2	0,184918584
145	144	4,61689E-05	4,30006E-05	0,00918	0,00855	2	0,00447325
148	145	0,002569698	0,002393345	0,0153	0,01425	2	0,02585011

							5
151	134	0,002655558	0,002473313	0,02142	0,01995	2	0,02220060 1
134	194	1,41881E-05	1,32133E-05	0,00255	0,002375	2	0,00470371 2
150	151	0,007809446	0,007273505	0,0153	0,01425	2	0,04504574 1
189	188	0,000992374	0,000924271	0,0204	0,019	2	0,01370819 1
188	197	0,000661592	0,000616188	0,0306	0,0285	2	0,00913891 6
197	195	5,51346E-05	5,13509E-05	0,0102	0,0095	2	0,00456961 8
188	192	3,52827E-05	3,28626E-05	0,006528	0,00608	2	0,00456917 6
137	148	0,034741858	0,032357613	0,0357	0,03325	2	0,06222497 6
154	137	0,035177321	0,032763191	0,02958	0,02755	2	0,06878545 7
137	193	1,98639E-05	1,85054E-05	0,00357	0,003325	2	0,00470384 6
150	154	0,061704892	0,057470242	0,01938	0,01805	2	0,11253662 1
117	83	2,966525221	2,762940157	0,01122	0,01045	2	1,02873133 1
123	125	0,000250202	0,000233032	0,00816	0,0076	2	0,01097742 9
201	91	7,843125648	7,304871927	0,108528	0,10108	2	0,53667451 9
91	1	6,75871353	6,294880248	0,095166	0,088635	2	0,53208087 9
91	86	6,14563E-05	2,0804E-05	0,011308	0,003828	1	0,01157629 1,25967861
1	12	1,770386721	0,599313793	0,02827	0,00957	1	1 1,23211183
3	11	3,539956513	1,198351037	0,05911	0,02001	1	4 1,18846502
11	14	5,15244117	1,744211602	0,09252	0,03132	1	9 1,14849986
14	10	6,079266522	2,057961819	0,116935	0,039585	1	1 1,23211686
12	3	2,385642543	0,807591055	0,039835	0,013485	1	6 0,06978214
10	85	0,005950679	0,002014432	0,03084	0,01044	1	4 1,00984107
10	9	1,651510462	0,559071635	0,04112	0,01392	1	4 0,71413147
9	87	1,932384384	0,654153469	0,096375	0,032625	1	0,92502656 0,70132142
83	32	2,505695262	2,333735784	0,01173	0,010925	2	1 0,70131945
201	122	1,764648124	0,164354482	0,00357	0,0003325	3	1 0,70132041
119	93	27,12500792	2,526348777	0,054876	0,005111	3	2 0,04460573
122	119	31,51148397	2,934893115	0,06375	0,0059375	3	5 1,14589834
118	120	0,000717527	0,000242898	0,008995	0,003045	1	7 1,08364505
93	118	9,72138606	9,054232115	0,02958	0,02755	2	7 1,02873340
118	121	4,192957124	3,905205163	0,01428	0,0133	2	1 1,11024580
121	117	14,83268465	13,81475532	0,0561	0,05225	2	1 0,06125378
103	104	0,021035198	0,007120865	0,04369	0,01479	1	2 4
83	103	0,019249816	0,01792875	0,0204	0,019	2	



108	107	0,000798859	0,000270431	0,04369	0,01479	1	0,021481144
83	108	0,000600933	0,000559692	0,01326	0,01235	2	0,013422034
140	152	0,104320617	0,035314761	0,06425	0,02175	1	0,202542424
189	158	11,46012473	1,067364559	0,051	0,00475	3	0,476853977
158	183	6,677529396	6,219267574	0,06324	0,0589	2	0,661247822
183	186	1,209669715	1,126653167	0,01224	0,0114	2	0,640495213
186	166	2,923349857	2,722727808	0,02958	0,02755	2	0,64049325
166	174	2,793180354	2,601491507	0,03162	0,02945	2	0,606782002
174	180	2,473534376	2,303782017	0,02958	0,02755	2	0,590973969
180	159	1,70206738	1,585258834	0,0255	0,02375	2	0,530365516
162	170	0,000308556	0,000104453	0,05654	0,01914	1	0,011624326
183	162	0,000812015	0,000274884	0,06682	0,02262	1	0,01734624
159	128	9,629523937	3,259799932	0,20046	0,06786	1	1,142540223
128	140	0,274769943	0,093015506	0,02827	0,00957	1	0,495503609
140	129	0,111717918	0,037818906	0,04112	0,01392	1	0,261966601
128	153	0,392707872	0,132940018	0,03084	0,01044	1	0,567336166
153	155	0,059465566	0,020130367	0,02827	0,00957	1	0,230523939
133	138	0,257367954	0,08712456	0,10537	0,03567	1	0,248572146
153	133	0,235062518	0,079573693	0,06939	0,02349	1	0,29271036
201	189	7,07946155	0,659361615	0,0306	0,00285	3	0,483674033
202	128	0,31538253	0,029373863	0,0306	0,00285	3	0,101158994

Solución 9						
Nodo	Tensión (kV)	Ángulo	Pgenerada (kW)	Qgenerada (kVAr)	Pload (kW)	Qload (kVAr)
201	10	0	11447,24746	8934,471985	0	0
202	9,84996422	0,004411872	950	312,2499	0	0
1	9,925912529	-0,000811255	-3,91E-09	-1,24E-09	0	0
2	9,83572557	0,002087273	-1,95E-09	-3,33E-09	108	81
3	9,909022668	-0,000257349	2,26E-10	-1,41E-10	0,008	0,006
4	10	3,29E-17	0,008	0,006	0,008	0,006
5	9,835161603	0,002081151	1,31E-09	-2,58E-10	101,464	76,098
6	9,835358209	0,002083285	2,27E-10	2,12E-09	45,4	34,05
7	9,835197824	0,002081544	6,81E-10	-2,51E-09	73,768	55,326
8	9,835655199	0,002086509	-2,44E-09	2,70E-09	0,008	0,006
9	9,837568932	0,002107281	-7,08E-10	-2,64E-10	108	81
10	9,845836227	0,00183192	-8,58E-11	-3,53E-10	108	81
11	9,894502096	0,000220407	4,99E-10	1,08E-10	69,12	51,84
12	9,918809584	-0,000578527	1,29E-10	-2,59E-10	43,864	32,898
13	9,92586549	-0,000811761	1,70E-10	1,19E-09	59,888	44,916
14	9,872589009	0,000944021	-3,20E-10	1,38E-10	63,008	47,256
15	10	-1,12E-17	0,008	0,006	0,008	0,006
16	9,925622929	-0,00081437	-6,62E-10	7,47E-10	0,008	0,006
17	9,925236841	-0,000818524	1,44E-10	-6,96E-11	69,12	51,84

18	9,835170242	0,002081244	-1,98E-09	-7,78E-10	26,096	19,572
19	9,834979421	0,003539978	-4,00E-09	9,11E-10	10,8	8,1
20	9,788334533	0,003033832	2,19E-09	3,29E-09	0,448	0,336
21	9,833604198	0,003525246	4,81E-12	1,78E-09	172,8	129,6
22	9,837332287	0,003565496	4,99E-10	6,41E-10	69,12	51,84
23	9,830373739	0,003489976	1,44E-10	-6,96E-11	69,12	51,84
24	9,832574365	0,00351387	4,99E-10	4,63E-10	69,12	51,84
25	9,819775561	0,003375552	5,36E-10	-1,31E-10	108	81
26	9,82836112	0,003468115	7,16E-10	8,92E-10	92,48	69,36
27	9,836969717	0,003561561	6,70E-10	-3,07E-11	0,344	0,258
28	9,829566694	0,00348121	4,99E-10	-4,25E-10	69,12	51,84
29	9,814755234	0,003321116	6,03E-12	-9,72E-10	216	162
30	9,828019951	0,003464408	4,99E-10	6,41E-10	69,12	51,84
31	9,785960241	0,00300793	4,99E-10	-4,25E-10	69,12	51,84
32	9,838442963	0,003577551	-3,65E-09	-1,67E-09	40,32	30,24
33	9,828972683	0,003474757	4,56E-11	3,42E-11	106,984	80,238
34	9,830842249	0,003495059	4,81E-12	1,81E-10	172,8	129,6
35	9,836494166	0,003556399	-1,75E-10	-1,31E-10	108	81
36	9,786315113	0,003011802	-2,11E-10	2,86E-10	69,12	51,84
37	9,830423451	0,003490511	4,04E-10	5,69E-10	0,008	0,006
38	9,805265392	0,003218101	-4,84E-10	3,92E-10	0,008	0,006
39	9,787166285	0,003021087	2,79E-10	3,87E-10	85,744	64,308
40	9,829880959	0,003484618	-5,30E-10	-1,31E-10	108	81
41	9,786767872	0,003016742	8,84E-11	5,99E-10	62,096	46,572
42	9,786910306	0,003018295	2,81E-10	2,11E-10	50,904	38,178
43	9,834732749	0,0035373	8,88E-10	1,60E-09	0	0
44	9,79791895	0,003138212	-8,85E-10	-8,42E-10	108	81
45	9,787016134	0,00301945	-1,60E-09	-8,42E-10	108	81
46	9,787545739	0,003025227	1,81E-10	2,24E-10	108	81
47	9,787108551	0,003020458	1,45E-09	2,11E-11	77,168	57,876
48	9,798148113	0,00314071	4,99E-10	-4,25E-10	69,12	51,84
49	9,787561977	0,003025405	3,55E-10	1,07E-09	0	0
50	9,831887077	0,003506411	-8,85E-10	-8,42E-10	108	81
51	9,830622505	0,003492678	-7,08E-10	-4,86E-10	108	81
52	9,829503571	0,003480895	1,81E-10	5,80E-10	108	81
53	9,831238177	0,003499364	9,57E-10	1,16E-09	0,216	0,162
54	9,837988656	0,00357262	1,52E-10	1,27E-09	37,496	28,122
55	9,829101771	0,003476161	-1,75E-10	-3,09E-10	108	81
56	9,841235611	0,0042996	6,22E-10	-1,55E-10	10,8	8,1
57	9,801155806	0,002317095	-5,67E-10	5,26E-09	69,12	51,84
58	9,804791246	0,002356691	-3,61E-10	-9,81E-10	44,368	33,276
59	9,80119246	0,002317495	-6,62E-10	1,64E-09	0,008	0,006
60	9,801339093	0,002319092	-1,59E-10	-2,08E-10	53,696	40,272
61	9,813564742	0,00245214	-1,73E-10	4,81E-11	63,456	47,592
62	9,801990417	0,002326188	1,60E-09	-6,64E-10	108	81
63	9,813749585	0,002454152	-2,11E-10	-7,80E-10	69,12	51,84
64	9,803562543	0,002343311	1,44E-10	-8,69E-10	84,728	63,546
65	9,808122835	0,002392954	1,32E-09	-6,11E-10	107,544	80,658
66	9,814037466	0,002457284	1,44E-10	-2,02E-09	69,12	51,84
67	9,810400724	0,002417737	-2,05E-10	2,90E-10	90,984	68,238
68	9,804264838	0,002350959	2,03E-09	-1,85E-09	46,048	34,536
69	9,806240666	0,00237247	-6,27E-11	-1,02E-09	50,672	38,004
70	9,802243376	0,002328943	9,56E-10	8,95E-10	151,912	113,934
71	9,780193767	0,002945043	-1,38E-09	3,89E-10	106,984	80,238

72	9,778098287	0,002922168	-5,00E-10	-4,64E-10	34,232	25,674
73	9,780081162	0,002943814	-2,01E-09	-1,86E-09	105,944	79,458
74	9,778888818	0,002930795	1,20E-12	-2,66E-10	43,2	32,4
75	9,779619732	0,002938776	-2,08E-09	-1,41E-10	0,008	0,006
76	9,777101513	0,002911284	1,29E-10	9,65E-11	43,864	32,898
77	9,776545814	0,002905215	6,35E-10	3,50E-09	38,92	29,19
78	9,77634904	0,002903066	5,31E-12	9,37E-10	72,4	54,3
79	9,777616697	0,002916909	3,35E-10	9,61E-10	117,32	87,99
80	9,779064851	0,002932718	-7,06E-10	3,59E-10	172,8	129,6
81	9,777550867	0,00291619	2,74E-10	4,72E-10	18,576	13,932
82	9,775031321	0,002888673	-4,41E-10	-3,09E-10	108	81
83	9,845810008	0,003657199	2,43E-09	-5,01E-09	2,68	2,01
84	9,810335113	0,002417023	1,57E-09	1,54E-09	46,44	34,83
85	9,845406501	0,001846243	-6,29E-11	4,86E-10	90,832	68,124
86	9,960338376	-0,000431584	2,05E-09	8,27E-10	18,576	13,932
87	9,823879507	0,002564181	-2,59E-10	-1,65E-11	18,576	13,932
88	9,819633824	0,002518093	2,74E-10	1,17E-10	18,576	13,932
89	9,775004053	0,002888376	1,82E-10	-1,30E-10	4,648	3,486
90	9,845321511	0,001845321	2,74E-10	4,72E-10	18,576	13,932
91	9,96036482	-0,000432456	-8,88E-11	-1,24E-09	0	0
92	9,810325272	0,002416916	6,29E-10	4,72E-10	18,576	13,932
93	9,926409936	0,004521452	4,23E-09	2,58E-09	15,72	11,79
94	9,921929119	0,00447325	-1,24E-09	-8,42E-10	108	81
95	9,921730601	0,004471119	1,07E-10	-6,30E-10	103,136	77,352
96	9,92363531	0,004491612	-1,16E-09	2,09E-11	6,24	4,68
97	9,925535108	0,004512045	1,35E-09	4,77E-10	56,808	42,606
98	9,919601811	0,004448208	-3,54E-10	8,97E-11	43,2	32,4
99	9,92009689	0,004453537	-1,07E-09	-2,70E-10	14,672	11,004
100	9,9205533	0,004458449	4,99E-10	-6,96E-11	69,12	51,84
101	9,919707442	0,004449345	1,42E-09	2,84E-09	105,456	79,092
102	9,845288513	0,003651543	2,09E-10	-1,99E-10	63,168	47,376
103	9,844958497	0,003647962	-5,67E-10	-3,36E-10	69,12	51,84
104	9,843996848	0,003680016	3,60E-10	1,81E-10	172,8	129,6
105	9,923326593	0,004488288	-8,85E-10	2,24E-10	108	81
106	9,84545525	0,003653351	-9,42E-10	-5,29E-10	48,832	36,624
107	9,845501309	0,003662129	-3,02E-10	3,97E-11	33,68	25,26
108	9,845688712	0,003655883	6,78E-10	-2,42E-11	19,344	14,508
109	10	-1,09E-17	0,008	0,006	0,008	0,006
110	9,924759671	0,004503704	4,99E-10	-6,96E-11	69,12	51,84
111	9,921552006	0,004469192	5,36E-10	-8,42E-10	108	81
112	9,926356591	0,004520878	1,04E-09	7,83E-10	33,96	25,47
113	9,92105336	0,004463825	-1,75E-10	-1,31E-10	108	81
114	9,921298538	0,004466464	6,17E-10	-6,03E-10	23,952	17,964
115	9,924351672	0,004499318	2,41E-09	1,22E-10	56,808	42,606
116	9,922990628	0,004484677	-1,02E-09	-2,63E-09	0,008	0,006
117	9,853649764	0,00374186	7,59E-10	1,46E-09	0,008	0,006
118	9,903365132	0,004275645	2,13E-09	1,42E-09	0	0
119	9,959432662	0,002482687	-3,07E-10	5,87E-11	0,008	0,006
120	9,903284544	0,004278316	1,63E-10	1,23E-10	70,76	53,07
121	9,892849672	0,004163155	1,74E-09	-1,20E-10	219,032	164,274
122	9,997847157	0,000131152	-5,28E-09	-5,24E-11	0,008	0,006
123	9,901928141	0,004260151	-4,49E-09	-3,46E-09	43,864	32,898
124	9,840849493	0,00429541	1,29E-10	9,65E-11	43,864	32,898
125	9,901866743	0,004259489	1,55E-09	8,07E-10	43,864	32,898

126	9,901866743	0,004259489	1,55E-09	9,65E-11	43,864	32,898
127	9,840803159	0,004294908	1,55E-09	8,07E-10	43,864	32,898
128	9,847107232	0,004363277	-4,78E-10	4,14E-11	69,12	51,84
129	9,842161389	0,004528103	-8,85E-10	1,02E-09	108	81
130	9,841362906	0,004519441	3,23E-09	2,94E-10	55,248	41,436
131	9,840600679	0,004530925	-6,34E-11	2,63E-10	93,784	70,338
132	9,840168569	0,004506482	-1,75E-10	4,67E-11	108	81
133	9,842872452	0,004617379	-2,11E-10	1,52E-10	69,12	51,84
134	9,845156738	0,004342128	-5,90E-09	-2,56E-09	69,12	51,84
135	9,839375059	0,004517626	-4,84E-10	3,65E-11	0,008	0,006
136	9,844361123	0,004512124	2,59E-10	-4,27E-10	75,16	56,37
137	9,84307848	0,004319592	-3,25E-09	3,91E-09	7,328	5,496
138	9,837650295	0,004791484	5,36E-10	-6,19E-10	108	81
139	9,840009713	0,004504758	7,88E-10	2,36E-10	31,112	23,334
140	9,844311398	0,00445643	1,10E-09	3,83E-10	48,584	36,438
141	9,83871744	0,004510489	-7,60E-10	3,18E-10	136,08	102,06
142	9,836809548	0,004782358	-8,80E-10	-4,83E-10	280,8	210,6
143	9,843279185	0,004500388	1,18E-10	7,10E-10	93,96	70,47
144	9,841267779	0,004299949	7,22E-10	7,19E-10	17,656	13,242
145	9,841295753	0,004300252	1,91E-09	3,69E-10	84,376	63,282
146	9,838545487	0,004508623	-3,51E-10	1,81E-10	33,672	25,254
147	9,842627229	0,004493316	-5,23E-10	-5,70E-10	73,336	55,002
148	9,841565185	0,004303176	-1,25E-09	2,79E-09	45,04	33,78
149	9,84255423	0,004492524	8,55E-10	2,42E-09	69,12	51,84
150	9,845950513	0,004350736	-5,30E-10	-8,42E-10	108	81
151	9,845480816	0,004345642	6,51E-10	-2,22E-10	90,248	67,686
152	9,841714388	0,004543007	8,27E-11	6,39E-10	53,648	40,236
153	9,846922618	0,004482469	-2,88E-09	3,30E-10	69,12	51,84
154	9,844464577	0,004334624	-1,06E-09	3,62E-12	172,8	129,6
155	9,845622452	0,004525802	8,16E-10	7,89E-10	49,472	37,104
156	9,840927844	0,00451472	-5,30E-10	2,24E-10	108	81
157	9,902572819	0,004267103	4,04E-10	1,99E-09	0,008	0,006
158	9,968136623	0,002262755	-1,35E-09	-1,25E-09	2,336	1,752
159	9,888565567	0,002256779	1,41E-09	2,13E-10	0,904	0,678
160	9,966438645	0,002244568	-8,70E-11	9,12E-10	46,576	34,932
161	9,963836248	0,002216688	3,60E-10	-7,07E-10	172,8	129,6
162	9,939824767	0,002248782	3,28E-10	-1,54E-10	9,144	6,858
163	9,964599947	0,002224867	-8,60E-10	-1,12E-10	113,616	85,212
164	9,964577339	0,002224625	-3,00E-10	-5,80E-10	14,448	10,836
165	9,963251166	0,002210419	-1,27E-09	1,18E-09	33,112	24,834
166	9,922094625	0,002233161	5,34E-10	-4,34E-11	136,936	102,702
167	10	-1,42E-17	0,008	0,006	0,008	0,006
168	9,963768418	0,002215961	2,74E-10	4,72E-10	18,576	13,932
169	9,962757102	0,002205124	-2,11E-09	9,07E-10	69,568	52,176
170	9,939692273	0,002253156	-8,12E-11	2,79E-11	18,576	13,932
171	9,965715861	0,002236824	-1,05E-10	-4,34E-10	24,184	18,138
172	9,88762325	0,002246603	2,77E-10	3,05E-11	90,888	68,166
173	9,962569289	0,002203111	5,36E-10	5,80E-10	108	81
174	9,909253473	0,002235152	2,61E-10	-6,92E-10	64,112	48,084
175	9,887978595	0,002250441	1,29E-10	9,65E-11	43,864	32,898
176	9,887909318	0,002249692	-1,75E-10	-1,31E-10	108	81
177	9,897081865	0,002235304	4,81E-12	3,62E-12	172,8	129,6
178	9,888116934	0,002251935	-3,07E-10	3,92E-10	0,008	0,006
179	9,888193165	0,002252758	-1,99E-09	-1,85E-09	69,12	51,84

180	9,897565848	0,002240526	-1,37E-09	2,43E-09	72,904	54,678
181	9,965070086	0,00222991	-1,60E-09	6,67E-10	46,912	35,184
182	9,964601602	0,00222489	-5,30E-10	9,35E-10	108	81
183	9,940058428	0,002241068	4,09E-10	-8,92E-10	56,8	42,6
184	9,965156595	0,002230832	-1,16E-09	-2,03E-10	76,768	57,576
185	9,963837356	0,002216701	1,32E-09	7,26E-10	72,88	54,66
186	9,934800717	0,002238757	4,86E-11	9,25E-10	0,008	0,006
187	9,965068068	0,002229883	-1,56E-10	6,08E-11	149,04	111,78
188	9,987737742	0,000851792	-7,11E-10	0,00E+00	0	0
189	9,987931079	0,000853859	-1,07E-09	-1,33E-10	0	0
190	9,965944406	0,002239271	5,31E-12	7,15E-10	117,032	87,774
191	9,966379108	0,002243928	6,29E-10	-3,08E-09	18,576	13,932
192	9,987717119	0,000851572	6,29E-10	-1,66E-09	18,576	13,932
193	9,843067036	0,004319468	6,31E-09	1,18E-09	18,576	13,932
194	9,845148566	0,004342039	-2,21E-09	4,02E-09	18,576	13,932
195	9,98751218	0,000849381	6,29E-10	4,72E-10	18,576	13,932
196	9,966005442	0,002239925	-2,44E-09	-2,27E-09	0,008	0,006
197	9,987544403	0,000849725	9,85E-10	-5,94E-10	18,576	13,932
198	9,966392025	0,002244067	4,44E-10	-1,24E-09	0	0
199	9,902710973	0,004268592	1,42E-09	-4,62E-09	0	0
200	9,902694723	0,004268417	5,84E-09	1,54E-09	46,44	34,83

Solución 9							
NodOrigen	NodDestino	Pérdidas (kW)	Pérdidas (kVAr)	Resistencia	Reactancia	Calibre	Jeconomica
67	65	0,153059518	0,142555434	0,01836	0,0171	2	0,182820418
65	69	0,107485259	0,10010882	0,01785	0,016625	2	0,155389357
69	58	0,075882507	0,070674883	0,014994	0,013965	2	0,142459568
67	84	0,000285713	0,000266105	0,00816	0,0076	2	0,011840106
67	92	0,000131427	0,000122408	0,02346	0,02185	2	0,004736022
59	57	0,00023779	0,000221473	0,00306	0,00285	2	0,017655382
64	70	0,047384625	0,044132739	0,01989	0,018525	2	0,09774884
68	64	0,030810017	0,028695604	0,00867	0,008075	2	0,119380373
58	68	0,02536817	0,023627217	0,005916	0,00551	2	0,13113501
62	60	0,00750838	0,006993099	0,0306	0,0285	2	0,031372552
70	62	0,005480007	0,005103925	0,006324	0,00589	2	0,058954445
60	59	0,000951381	0,000886089	0,01224	0,0114	2	0,017657427
66	63	0,00357761	0,003332087	0,012546	0,011685	2	0,033777775
66	67	0,297563276	0,277142266	0,024072	0,02242	2	0,222592815
63	61	0,001099502	0,001024046	0,01683	0,015675	2	0,016167672
1	16	0,001855486	0,001728149	0,02448	0,0228	2	0,017218704
6	5	0,001865838	0,00173779	0,01122	0,01045	2	0,025736127
2	6	0,005046275	0,004699962	0,014484	0,01349	2	0,037252175

16	17	0,002473409	0,002303665	0,03264	0,0304	2	0,01721671 5
1	13	0,000261079	0,000243163	0,00459	0,004275	2	0,01491515 2
8	7	0,004272144	0,003978958	0,02652	0,0247	2	0,02533213
2	8	0,000657354	0,000612243	0,00408	0,0038	2	0,02533400 9
7	18	6,73211E-05	6,26997E-05	0,00612	0,0057	2	0,00661963 5
85	90	0,000147516	0,000137392	0,02652	0,0247	2	0,00470241 6
9	2	0,061160586	0,056963291	0,03009	0,028025	2	0,08997931 3
87	88	0,435041726	0,405185922	0,02244	0,0209	2	0,27870668 2
88	66	0,563705612	0,525019933	0,03009	0,028025	2	0,27397963 7
19	50	0,21156035	0,197041502	0,02448	0,0228	2	0,18564788 4
50	51	0,04468947	0,041622545	0,01938	0,01805	2	0,09590201 3
51	55	0,03837331	0,035739847	0,03264	0,0304	2	0,06848059 1
55	26	0,011202809	0,010433989	0,02652	0,0247	2	0,04105067 8
26	30	0,002207261	0,002055782	0,02856	0,0266	2	0,01755900 6
46	39	0,003058114	0,002848244	0,0255	0,02375	2	0,02196433 7
50	53	0,014905139	0,013882238	0,0153	0,01425	2	0,06233149 5
53	23	0,019838562	0,018477092	0,0204	0,019	2	0,06227666 2
23	28	0,013301332	0,012388496	0,02652	0,0247	2	0,04472606
28	33	0,005947742	0,005539564	0,03213	0,029925	2	0,02717258
20	46	0,014363882	0,013378126	0,02346	0,02185	2	0,04962766 6
19	43	0,008077035	0,007522731	0,00408	0,0038	2	0,08884262 3
43	24	0,070674081	0,065823899	0,0357	0,03325	2	0,08884265 6
24	34	0,045515405	0,042391799	0,0357	0,03325	2	0,07129991
34	37	0,004233097	0,003942591	0,02244	0,0209	2	0,02742759 6
37	40	0,005482972	0,00510669	0,02907	0,027075	2	0,02742556 1
47	42	0,00094854	0,000883443	0,02244	0,0209	2	0,01304034 9
49	47	0,005458292	0,005083703	0,0204	0,019	2	0,03280807 1
32	19	0,353863182	0,329578453	0,01836	0,0171	2	0,27723025 8
27	35	0,00480316	0,004473532	0,0255	0,02375	2	0,02738869 9
48	44	0,002323706	0,002164236	0,01224	0,0114	2	0,02760478 4
54	22	0,010893074	0,01014551	0,02142	0,01995	2	0,04500170 7
22	27	0,003673692	0,003421576	0,01938	0,01805	2	0,02747592 8
32	54	0,009132489	0,00850575	0,01224	0,0114	2	0,05450776 3
20	49	0,031690746	0,029515892	0,0102	0,0095	2	0,11180155 8
36	31	0,002305785	0,002147545	0,02958	0,02755	2	0,01771026 8

41	36	0,005883514	0,005479743	0,01887	0,017575	2	0,03541925 5
45	41	0,004675158	0,004354312	0,00714	0,00665	2	0,05132717 2
49	45	0,015820035	0,014734346	0,0102	0,0095	2	0,07899348 9
48	20	1,382023431	1,287178686	0,03774	0,03515	2	0,38402201 1
29	38	1,494221478	1,391676867	0,03264	0,0304	2	0,42929495 4
38	48	1,120655425	1,0437477	0,02448	0,0228	2	0,42929291 5
21	52	0,811597327	0,755899472	0,01122	0,01045	2	0,53922372 9
25	29	0,892105138	0,830882236	0,0153	0,01425	2	0,48431477 1
52	25	1,827060873	1,701674342	0,02805	0,026125	2	0,51179651 6
32	21	1,035903801	0,964812364	0,01224	0,0114	2	0,58307062 8
20	71	0,66392967	0,618365869	0,05406	0,05035	2	0,22247812 5
71	73	0,001122119	0,00104511	0,00612	0,0057	2	0,02717811 9
71	75	0,011664325	0,010863831	0,0153	0,01425	2	0,05542511 5
80	74	0,000715379	0,000666285	0,02346	0,02185	2	0,01108492 4
75	80	0,011274678	0,010500926	0,01479	0,013775	2	0,05542305 8
71	72	0,08635242	0,080426274	0,02754	0,02565	2	0,11243056 6
72	79	0,006157414	0,005734846	0,0204	0,019	2	0,03487946 5
72	76	0,025121573	0,023397544	0,02142	0,01995	2	0,06876590 5
76	77	0,011711773	0,010908025	0,01428	0,0133	2	0,05750647 6
78	82	0,013969308	0,01301063	0,06732	0,0627	2	0,02892781 2
79	81	0,000115053	0,000107157	0,0204	0,019	2	0,00476785 8
77	78	0,00342656	0,003191403	0,00612	0,0057	2	0,04751500 3
82	89	1,19277E-05	1,11088E-05	0,033762	0,031445	2	0,00119363 3
114	113	0,00245525	0,002286752	0,01326	0,01235	2	0,02692382 1
111	114	0,003101169	0,002888343	0,01122	0,01045	2	0,03289461 7
93	112	0,000167888	0,000156366	0,00918	0,00855	2	0,00845701 1
105	94	0,045085024	0,041990954	0,02346	0,02185	2	0,08673477 2
94	111	0,008390234	0,007814435	0,00918	0,00855	2	0,05981571 1
93	110	0,080335128	0,074821934	0,01836	0,0171	2	0,13086461 7
110	105	0,060581305	0,056423764	0,01836	0,0171	2	0,11364624 7
106	102	0,00098412	0,000916582	0,0153	0,01425	2	0,01599071 4
83	106	0,003712492	0,003457712	0,01836	0,0171	2	0,02835195 8
115	96	0,022706706	0,021148402	0,01224	0,0114	2	0,08522524 8
95	100	0,025377548	0,023635951	0,02958	0,02755	2	0,05796074 3

100	99	0,006912946	0,006438528	0,01632	0,0152	2	0,04072776 8
99	101	0,00536885	0,0050004	0,0153	0,01425	2	0,03706941
101	98	0,000423182	0,000394141	0,01428	0,0133	2	0,01077267 9
116	95	0,039209692	0,036518831	0,02193	0,020425	2	0,08366846 9
96	116	0,020061729	0,018684945	0,01122	0,01045	2	0,08367045 9
93	97	0,036942149	0,034406903	0,01122	0,01045	2	0,11352689 8
97	115	0,043743236	0,040741249	0,01734	0,01615	2	0,09937775 9
141	146	0,00054137	0,000504217	0,02958	0,02755	2	0,00853562
135	141	0,010437553	0,009721251	0,02244	0,0209	2	0,04302978 9
152	131	0,027441226	0,025558005	0,02448	0,0228	2	0,06679550 1
131	135	0,019453637	0,018118584	0,04182	0,03895	2	0,04303181 6
148	56	0,003035471	0,002827154	0,01938	0,01805	2	0,02496438 3
56	124	0,003166457	0,002949152	0,0255	0,02375	2	0,02222815 9
123	126	0,000250202	0,000233031	0,00816	0,0076	2	0,01097742 9
124	127	0,000189988	0,000176952	0,00612	0,0057	2	0,01111409 8
118	199	0,010819825	0,010077288	0,02142	0,01995	2	0,04455448 6
199	200	7,00993E-05	6,52904E-05	0,00204	0,0019	2	0,01161982 6
199	157	0,00168907	0,001573154	0,00612	0,0057	2	0,03293430 4
157	123	0,007881362	0,007340484	0,02856	0,0266	2	0,03293228 4
198	191	2,21462E-05	2,06256E-05	0,00408	0,0038	2	0,00458875 7
198	196	0,004176432	0,003889815	0,01938	0,01805	2	0,02891516 5
158	198	0,021838946	0,020340194	0,07548	0,0703	2	0,03350403 8
196	190	0,000659347	0,000614094	0,00306	0,00285	2	0,02891319 5
158	160	0,066559124	0,06199134	0,02346	0,02185	2	0,10492407 8
160	171	0,011557905	0,010764716	0,02448	0,0228	2	0,04280238 1
171	187	0,008912619	0,008300969	0,0255	0,02375	2	0,03682736
178	175	0,000564539	0,000525796	0,01836	0,0171	2	0,01100833 3
160	184	0,024242674	0,022578961	0,03672	0,0342	2	0,05061605 7
184	163	0,006581044	0,006129404	0,0255	0,02375	2	0,03164723 9
163	164	3,01554E-05	2,80856E-05	0,00918	0,00855	2	0,00357045 4
178	172	0,004174565	0,003888075	0,03162	0,02945	2	0,02281135 6
159	178	0,005624732	0,005238721	0,01938	0,01805	2	0,03382169 1
158	181	0,178323797	0,166085889	0,02856	0,0266	2	0,15567670 2
181	185	0,032275134	0,030060174	0,0255	0,02375	2	0,07009566 6
185	165	0,011403268	0,010620692	0,01632	0,0152	2	0,05208277 7



165	169	0,00810066	0,007544733	0,01632	0,0152	2	0,04389791 2
169	173	0,001872944	0,001744409	0,0102	0,0095	2	0,02669987 6
159	179	0,006136461	0,005715331	0,01224	0,0114	2	0,04445056 0,02710462 2
179	176	0,002852005	0,002656277	0,0153	0,01425	2	0,00459128 1
161	168	0,000116331	0,000108348	0,02142	0,01995	2	0,04730022 1
182	161	0,013522917	0,012594873	0,02346	0,02185	2	0,07398921 0,04328702 2
181	182	0,012948509	0,012059888	0,00918	0,00855	2	0,06261660 7
180	177	0,007773441	0,00723997	0,01632	0,0152	2	0,07661359 2
130	156	0,010050213	0,009360492	0,0102	0,0095	2	0,03525258 5
129	130	0,022569053	0,021020196	0,0153	0,01425	2	0,00788434 2
156	132	0,009874364	0,009196712	0,03162	0,02945	2	0,05987728 9
132	139	0,000462044	0,000430335	0,02958	0,02755	2	0,03608195 6
136	143	0,023905852	0,022265254	0,02652	0,0247	2	0,07890733 9
143	147	0,008680327	0,008084618	0,02652	0,0247	2	0,01750719 0,07120604 5
155	136	0,036728326	0,034207754	0,02346	0,02185	2	0,18491782 5
147	149	0,000471589	0,000439228	0,00612	0,0057	2	0,00447325 0,02585000 1
138	142	0,022077749	0,020562609	0,01734	0,01615	2	0,02220050 9
128	150	0,078937534	0,073520252	0,00918	0,00855	2	0,00470182 7
145	144	4,61689E-05	4,30006E-05	0,00918	0,00855	2	0,04504556 4
148	145	0,002569686	0,002393335	0,0153	0,01425	2	0,01370819 1
151	134	0,002655547	0,002473303	0,02142	0,01995	2	0,00913890 6
134	194	1,41824E-05	1,32104E-05	0,00255	0,002375	2	0,00456955 9
150	151	0,007809415	0,007273474	0,0153	0,01425	2	0,00456917 6
189	188	0,000992374	0,00092427	0,0204	0,019	2	0,06222472 0,06878517 3
188	197	0,000661591	0,000616188	0,0306	0,0285	2	0,00470451 9
197	195	5,51339E-05	5,13509E-05	0,0102	0,0095	2	0,11253615 6
188	192	3,52827E-05	3,2864E-05	0,006528	0,00608	2	1,02873133 1
137	148	0,034741715	0,032357479	0,0357	0,03325	2	0,01097742 9
154	137	0,035177176	0,032763056	0,02958	0,02755	2	0,53667248 7
137	193	1,98668E-05	1,85025E-05	0,00357	0,003325	2	0,53207889 6
150	154	0,061704636	0,057470005	0,01938	0,01805	2	0,01157629
117	83	2,966525221	2,762940156	0,01122	0,01045	2	
123	125	0,000250202	0,000233031	0,00816	0,0076	2	
201	91	7,843125648	7,304871927	0,108528	0,10108	2	
91	1	6,75871353	6,294880249	0,095166	0,088635	2	
91	86	6,14563E-05	2,0804E-05	0,011308	0,003828	1	

1	12	1,770386721	0,599313793	0,02827	0,00957	1	1,25967348 3
3	11	3,539956513	1,198351037	0,05911	0,02001	1	1,23210670 4
11	14	5,15244117	1,744211602	0,09252	0,03132	1	1,18845989 6
14	10	6,079266522	2,057961819	0,116935	0,039585	1	1,14849472 6
12	3	2,385642543	0,807591055	0,039835	0,013485	1	1,23211173 6
10	85	0,005950678	0,002014432	0,03084	0,01044	1	0,06978213 6
10	9	1,651510461	0,559071635	0,04112	0,01392	1	1,00983593 6
9	87	1,932384384	0,654153469	0,096375	0,032625	1	0,71413147
83	32	2,505695262	2,333735783	0,01173	0,010925	2	0,92502656 9
201	122	1,764648118	0,164354482	0,00357	0,0003325	3	0,70132141 9
119	93	27,12500792	2,526348777	0,054876	0,005111	3	0,70131945 2
122	119	31,51148397	2,934893115	0,06375	0,0059375	3	0,70132041 5
118	120	0,000717527	0,000242898	0,008995	0,003045	1	0,04460573 7
93	118	9,72138606	9,054232115	0,02958	0,02755	2	1,14589834 7
118	121	4,192957123	3,905205164	0,01428	0,0133	2	1,08364505 1
121	117	14,83268465	13,81475532	0,0561	0,05225	2	1,02873340 1
103	104	0,021035199	0,007120865	0,04369	0,01479	1	0,11024580 3
83	103	0,019249816	0,017928749	0,0204	0,019	2	0,06125378 3
108	107	0,00079886	0,000270431	0,04369	0,01479	1	0,02148115 4
83	108	0,000600934	0,000559692	0,01326	0,01235	2	0,01342204 9
140	152	0,104320186	0,035314616	0,06425	0,02175	1	0,20254158 4
189	158	11,45840527	1,067204413	0,051	0,00475	3	0,47678243 1
158	183	6,67608843	6,217925499	0,06324	0,0589	2	0,66110513 3
183	186	1,209400338	1,126402275	0,01224	0,0114	2	0,64035258 3
186	166	2,922698862	2,72212149	0,02958	0,02755	2	0,64035062
166	174	2,792524424	2,600880591	0,03162	0,02945	2	0,60663951 5
174	180	2,4729383	2,303226849	0,02958	0,02755	2	0,59083155 5
180	159	1,701611533	1,584834271	0,0255	0,02375	2	0,53022347 3
162	170	0,000308556	0,000104453	0,05654	0,01914	1	0,01162431 9
183	162	0,000812013	0,000274884	0,06682	0,02262	1	0,01734621 4
159	128	9,626520743	3,258783287	0,20046	0,06786	1	1,14218389 5
128	140	0,27476881	0,093015123	0,02827	0,00957	1	0,49550156 7
140	129	0,111717457	0,03781875	0,04112	0,01392	1	0,26196551 9
128	153	0,041066614	0,013901928	0,03084	0,01044	1	0,59813470 9
153	155	0,059425364	0,020116758	0,02827	0,00957	1	0,23036809 5
133	138	0,257193727	0,087065581	0,10537	0,03567	1	0,24840387 4

153	133	0,23490342	0,079519835	0,06939	0,02349	1	0,29251224 4
201	189	7,078414304	0,659264077	0,0306	0,00285	3	0,48360248 5
202	153	0,315393051	0,029374843	0,0306	0,00285	3	0,101162368

Solución 10						
Nodo	Tensión (kV)	Ángulo	Pgenerada (kW)	Qgenerada (kVAr)	Pload (kW)	Qload (kVAr)
201	10	0	11447,53745	8934,530437	0	0
202	9,850133421	0,004333862	950	312,2499	0	0
1	9,925912529	-0,000811255	-1,24E-09	1,07E-09	0	0
2	9,83572557	0,002087273	-4,79E-09	-3,68E-09	108	81
3	9,909022668	-0,000257349	7,59E-10	-1,41E-10	0,008	0,006
4	10	-3,04E-17	0,008	0,006	0,008	0,006
5	9,835161603	0,002081151	-1,07E-10	-2,58E-10	101,464	76,098
6	9,835358209	0,002083285	-1,19E-09	7,03E-10	45,4	34,05
7	9,835197824	0,002081544	2,81E-09	1,04E-09	73,768	55,326
8	9,835655199	0,002086509	-5,28E-09	1,99E-09	0,008	0,006
9	9,837568932	0,002107281	7,14E-10	4,46E-10	108	81
10	9,845836227	0,00183192	3,58E-10	-1,75E-10	108	81
11	9,894502096	0,000220407	-2,11E-10	-6,96E-11	69,12	51,84
12	9,918809584	-0,000578527	-2,27E-10	-1,70E-10	43,864	32,898
13	9,92586549	-0,000811761	1,70E-10	-1,65E-09	59,888	44,916
14	9,872589009	0,000944021	3,91E-10	1,82E-10	63,008	47,256
15	10	-1,18E-17	0,008	0,006	0,008	0,006
16	9,925622929	-0,00081437	4,04E-10	7,47E-10	0,008	0,006
17	9,925236841	-0,000818524	1,44E-10	2,86E-10	69,12	51,84
18	9,835170242	0,002081244	-1,98E-09	-7,78E-10	26,096	19,572
19	9,834979421	0,003539978	-7,99E-10	-1,93E-09	10,8	8,1
20	9,788334533	0,003033832	-8,30E-10	4,43E-10	0,448	0,336
21	9,833604198	0,003525246	4,81E-12	3,91E-09	172,8	129,6
22	9,837332287	0,003565496	-2,11E-10	6,41E-10	69,12	51,84
23	9,830373739	0,003489976	4,99E-10	9,96E-10	69,12	51,84
24	9,832574365	0,00351387	1,44E-10	1,08E-10	69,12	51,84
25	9,819775561	0,003375552	-1,60E-09	-4,86E-10	108	81
26	9,82836112	0,003468115	1,07E-09	1,25E-09	92,48	69,36
27	9,836969717	0,003561561	-7,52E-10	-3,07E-11	0,344	0,258
28	9,829566694	0,00348121	4,99E-10	1,08E-10	69,12	51,84
29	9,814755234	0,003321116	-8,82E-10	-4,40E-10	216	162
30	9,828019951	0,003464408	1,44E-10	-6,96E-11	69,12	51,84
31	9,785960241	0,00300793	4,99E-10	-6,96E-11	69,12	51,84
32	9,838442963	0,003577551	-1,51E-09	2,95E-09	40,32	30,24
33	9,828972683	0,003474757	4,56E-11	3,42E-11	106,984	80,238
34	9,830842249	0,003495059	8,93E-10	-5,29E-10	172,8	129,6
35	9,836494166	0,003556399	5,36E-10	2,24E-10	108	81
36	9,786315113	0,003011802	1,44E-10	-6,96E-11	69,12	51,84
37	9,830423451	0,003490511	4,86E-11	2,14E-10	0,008	0,006
38	9,805265392	0,003218101	2,26E-10	3,92E-10	0,008	0,006
39	9,787166285	0,003021087	-7,64E-11	-3,24E-10	85,744	64,308
40	9,829880959	0,003484618	-5,30E-10	5,80E-10	108	81
41	9,786767872	0,003016742	-2,67E-10	2,02E-09	62,096	46,572
42	9,786910306	0,003018295	-7,38E-11	2,11E-10	50,904	38,178
43	9,834732749	0,0035373	-1,78E-10	-3,20E-09	0	0

44	9,79791895	0,003138212	-1,75E-10	5,80E-10	108	81
45	9,787016134	0,00301945	-1,60E-09	-2,26E-09	108	81
46	9,787545739	0,003025227	-1,75E-10	-4,86E-10	108	81
47	9,787108551	0,003020458	3,83E-10	7,32E-10	77,168	57,876
48	9,798148113	0,00314071	-7,44E-10	-2,47E-10	69,12	51,84
49	9,787561977	0,003025405	3,55E-10	0,00E+00	0	0
50	9,831887077	0,003506411	8,91E-10	-8,42E-10	108	81
51	9,830622505	0,003492678	-3,52E-10	-3,09E-10	108	81
52	9,829503571	0,003480895	2,67E-09	1,65E-09	108	81
53	9,831238177	0,003499364	-1,17E-09	-6,14E-10	0,216	0,162
54	9,837988656	0,00357262	1,22E-09	-1,53E-10	37,496	28,122
55	9,829101771	0,003476161	1,81E-10	-4,86E-10	108	81
56	9,842377516	0,004353332	9,77E-10	9,11E-10	10,8	8,1
57	9,801155806	0,002317095	-5,67E-10	-3,27E-09	69,12	51,84
58	9,804791246	0,002356691	1,77E-09	1,15E-09	44,368	33,276
59	9,80119246	0,002317495	-6,35E-09	5,19E-09	0,008	0,006
60	9,801339093	0,002319092	1,97E-10	-3,01E-11	53,696	40,272
61	9,813564742	0,00245214	1,83E-10	4,03E-10	63,456	47,592
62	9,801990417	0,002326188	8,91E-10	-1,55E-09	108	81
63	9,813749585	0,002454152	-1,28E-09	6,41E-10	69,12	51,84
64	9,803562543	0,002343311	-9,22E-10	1,97E-10	84,728	63,546
65	9,808122835	0,002392954	6,07E-10	-6,11E-10	107,544	80,658
66	9,814037466	0,002457284	1,44E-10	-4,25E-10	69,12	51,84
67	9,810400724	0,002417737	-2,05E-10	2,07E-09	90,984	68,238
68	9,804264838	0,002350959	2,03E-09	2,81E-10	46,048	34,536
69	9,806240666	0,00237247	1,71E-09	3,97E-10	50,672	38,004
70	9,802243376	0,002328943	1,31E-09	1,96E-09	151,912	113,934
71	9,780193767	0,002945043	-2,97E-09	-6,36E-09	106,984	80,238
72	9,778098287	0,002922168	1,28E-09	9,57E-10	34,232	25,674
73	9,780081162	0,002943814	-5,91E-10	-4,43E-10	105,944	79,458
74	9,778888818	0,002930795	3,56E-10	4,45E-10	43,2	32,4
75	9,779619732	0,002938776	-6,62E-10	2,14E-10	0,008	0,006
76	9,777101513	0,002911284	8,39E-10	9,65E-11	43,864	32,898
77	9,776545814	0,002905215	6,35E-10	1,36E-09	38,92	29,19
78	9,77634904	0,002903066	8,93E-10	3,25E-09	72,4	54,3
79	9,777616697	0,002916909	6,90E-10	2,51E-10	117,32	87,99
80	9,779064851	0,002932718	1,43E-09	3,62E-12	172,8	129,6
81	9,777550867	0,00291619	2,74E-10	4,72E-10	18,576	13,932
82	9,775031321	0,002888673	1,81E-10	-4,22E-11	108	81
83	9,845810008	0,003657199	2,43E-09	1,38E-09	2,68	2,01
84	9,810335113	0,002417023	8,63E-10	8,25E-10	46,44	34,83
85	9,845406501	0,001846243	2,92E-10	4,86E-10	90,832	68,124
86	9,960338376	-0,000431584	2,05E-09	8,27E-10	18,576	13,932
87	9,823879507	0,002564181	-2,59E-10	-4,61E-10	18,576	13,932
88	9,819633824	0,002518093	-7,92E-10	-4,16E-10	18,576	13,932
89	9,775004053	0,002888376	1,82E-10	4,74E-11	4,648	3,486
90	9,845321511	0,001845321	2,74E-10	1,17E-10	18,576	13,932
91	9,96036482	-0,000432456	-3,02E-09	1,78E-10	0	0
92	9,810325272	0,002416916	-8,12E-11	-2,39E-10	18,576	13,932
93	9,926409936	0,004521452	4,23E-09	2,22E-10	15,72	11,79
94	9,921929119	0,00447325	1,25E-09	2,00E-09	108	81
95	9,921730601	0,004471119	-6,03E-10	8,05E-11	103,136	77,352
96	9,92363531	0,004491612	9,75E-10	1,44E-09	6,24	4,68
97	9,925535108	0,004512045	9,91E-10	1,90E-09	56,808	42,606

98	9,919601811	0,004448208	-1,78E-09	-6,21E-10	43,2	32,4
99	9,92009689	0,004453537	-1,07E-09	8,55E-11	14,672	11,004
100	9,9205533	0,004458449	-5,67E-10	-4,25E-10	69,12	51,84
101	9,919707442	0,004449345	-3,77E-12	1,42E-09	105,456	79,092
102	9,845288513	0,003651543	9,19E-10	1,56E-10	63,168	47,376
103	9,844958497	0,003647962	1,44E-10	-2,47E-10	69,12	51,84
104	9,843996848	0,003680016	4,81E-12	9,24E-11	172,8	129,6
105	9,923326593	0,004488288	-5,30E-10	-1,31E-10	108	81
106	9,84545525	0,003653351	1,23E-10	5,37E-10	48,832	36,624
107	9,845501309	0,003662129	5,29E-11	2,17E-10	33,68	25,26
108	9,845688712	0,003655883	3,23E-10	-1,13E-10	19,344	14,508
109	10	2,55E-18	0,008	0,006	0,008	0,006
110	9,924759671	0,004503704	-5,67E-10	6,41E-10	69,12	51,84
111	9,921552006	0,004469192	-1,75E-10	-2,97E-09	108	81
112	9,926356591	0,004520878	-3,77E-10	-6,38E-10	33,96	25,47
113	9,92105336	0,004463825	-1,75E-10	-1,31E-10	108	81
114	9,921298538	0,004466464	6,17E-10	-6,03E-10	23,952	17,964
115	9,924351672	0,004499318	1,70E-09	1,19E-09	56,808	42,606
116	9,922990628	0,004484677	-3,07E-10	-1,41E-10	0,008	0,006
117	9,853649764	0,00374186	4,86E-11	-3,19E-10	0,008	0,006
118	9,903365132	0,004275645	-1,07E-09	0,00E+00	0	0
119	9,959432662	0,002482687	4,04E-10	1,03E-10	0,008	0,006
120	9,903284544	0,004278316	-1,26E-09	8,33E-10	70,76	53,07
121	9,892849672	0,004163155	3,14E-10	9,46E-10	219,032	164,274
122	9,997847157	0,000131152	-3,50E-09	-2,08E-10	0,008	0,006
123	9,901928141	0,004260151	-2,27E-10	-2,04E-09	43,864	32,898
124	9,841991443	0,004349144	3,68E-09	1,52E-09	43,864	32,898
125	9,901866743	0,004259489	1,55E-09	9,65E-11	43,864	32,898
126	9,901866743	0,004259489	1,55E-09	9,65E-11	43,864	32,898
127	9,841945114	0,004348641	-1,29E-09	-6,14E-10	43,864	32,898
128	9,847092021	0,004362816	-2,11E-10	-1,47E-09	69,12	51,84
129	9,842146171	0,004527642	8,91E-10	9,35E-10	108	81
130	9,841347686	0,00451898	1,81E-09	-7,72E-10	55,248	41,436
131	9,840585459	0,004530464	4,70E-10	-9,19E-11	93,784	70,338
132	9,840153348	0,004506021	-5,30E-10	-1,31E-10	108	81
133	9,839549313	0,0046141	-3,36E-11	1,52E-10	69,12	51,84
134	9,846298188	0,00439585	8,55E-10	-6,11E-09	69,12	51,84
135	9,839359836	0,004517165	-6,62E-10	-3,19E-10	0,008	0,006
136	9,841038488	0,004508774	6,14E-10	-4,27E-10	75,16	56,37
137	9,844220171	0,00437332	1,19E-09	-1,95E-09	7,328	5,496
138	9,83432539	0,004788323	-7,08E-10	3,58E-10	108	81
139	9,839994492	0,004504297	7,79E-11	2,36E-10	31,112	23,334
140	9,844296183	0,004455969	-4,96E-10	-2,38E-10	48,584	36,438
141	9,838702217	0,004510028	-4,05E-10	6,73E-10	136,08	102,06
142	9,833484359	0,004779191	-1,70E-10	-4,83E-10	280,8	210,6
143	9,839956185	0,004497031	1,18E-10	3,55E-10	93,96	70,47
144	9,842409681	0,004353681	1,19E-11	8,91E-12	17,656	13,242
145	9,842437651	0,004353985	-9,30E-10	-1,41E-09	84,376	63,282
146	9,838530264	0,004508162	7,15E-10	-1,74E-10	33,672	25,254
147	9,839304009	0,004489953	-2,30E-09	-2,35E-09	73,336	55,002
148	9,842707052	0,004356907	-1,85E-10	1,02E-09	45,04	33,78
149	9,839230985	0,004489161	-1,99E-09	-4,25E-10	69,12	51,84
150	9,847091871	0,004404457	1,25E-09	-2,04E-09	108	81
151	9,846622228	0,004399364	-5,94E-11	-2,22E-10	90,248	67,686

152	9,841699169	0,004542546	-9,50E-11	5,51E-10	53,648	40,236
153	9,843600848	0,0044791	-2,17E-09	-6,03E-10	69,12	51,84
154	9,845606108	0,004388348	7,15E-10	3,62E-12	172,8	129,6
155	9,842300244	0,004522462	4,60E-10	2,56E-10	49,472	37,104
156	9,840912624	0,004514259	1,81E-10	4,02E-10	108	81
157	9,902572819	0,004267103	4,04E-10	-4,96E-10	0,008	0,006
158	9,968134213	0,002262781	-1,92E-10	5,45E-10	2,336	1,752
159	9,888556556	0,002256397	1,41E-09	-8,98E-10	0,904	0,678
160	9,966436235	0,002244594	-8,70E-11	-5,09E-10	46,576	34,932
161	9,963833836	0,002216714	3,60E-10	3,62E-12	172,8	129,6
162	9,939820179	0,002248674	1,50E-10	-1,54E-10	9,144	6,858
163	9,964597536	0,002224894	-5,05E-10	-1,53E-09	113,616	85,212
164	9,964574928	0,002224651	-3,00E-10	1,30E-10	14,448	10,836
165	9,963248755	0,002210446	1,54E-10	1,15E-10	33,112	24,834
166	9,922088596	0,002232965	5,34E-10	3,12E-10	136,936	102,702
167	10	-2,37E-17	0,008	0,006	0,008	0,006
168	9,963766006	0,002215987	2,74E-10	1,17E-10	18,576	13,932
169	9,96275469	0,002205151	-3,53E-09	1,96E-10	69,568	52,176
170	9,939687685	0,002253049	-2,59E-10	2,06E-10	18,576	13,932
171	9,96571345	0,002236851	-8,15E-10	-7,89E-10	24,184	18,138
172	9,887614238	0,002246221	-7,78E-11	3,05E-11	90,888	68,166
173	9,962566877	0,002203138	-8,85E-10	5,80E-10	108	81
174	9,909246357	0,002234888	-4,49E-10	7,29E-10	64,112	48,084
175	9,887969583	0,002250058	8,39E-10	4,52E-10	43,864	32,898
176	9,887900306	0,00224931	-8,85E-10	2,24E-10	108	81
177	9,89707373	0,002234977	4,81E-12	3,62E-12	172,8	129,6
178	9,888107923	0,002251552	4,04E-10	-3,19E-10	0,008	0,006
179	9,888184153	0,002252375	-2,70E-09	-1,49E-09	69,12	51,84
180	9,897557714	0,002240198	7,59E-10	1,37E-09	72,904	54,678
181	9,965067675	0,002229936	-1,77E-10	1,38E-09	46,912	35,184
182	9,964599191	0,002224916	1,81E-10	-1,31E-10	108	81
183	9,940053839	0,00224096	1,83E-09	6,18E-10	56,8	42,6
184	9,965154184	0,002230859	4,39E-10	1,52E-10	76,768	57,576
185	9,963834945	0,002216727	1,32E-09	1,58E-11	72,88	54,66
186	9,934795708	0,002238623	4,86E-11	-8,52E-10	0,008	0,006
187	9,965065657	0,002229909	2,00E-10	4,16E-10	149,04	111,78
188	9,987736838	0,000851802	7,11E-10	1,07E-09	0	0
189	9,987930175	0,000853869	-7,11E-10	2,44E-10	0	0
190	9,965941996	0,002239297	-5,68E-09	-2,13E-09	117,032	87,774
191	9,966376697	0,002243955	6,29E-10	1,18E-09	18,576	13,932
192	9,987716215	0,000851581	-2,21E-09	-1,66E-09	18,576	13,932
193	9,844208728	0,004373195	-2,21E-09	4,02E-09	18,576	13,932
194	9,846290016	0,004395761	6,29E-10	1,18E-09	18,576	13,932
195	9,987511276	0,00084939	-8,12E-11	-2,39E-10	18,576	13,932
196	9,966003031	0,002239951	-1,37E-09	-1,21E-09	0,008	0,006
197	9,987543499	0,000849735	2,05E-09	-9,49E-10	18,576	13,932
198	9,966389614	0,002244093	2,93E-09	-1,07E-09	0	0
199	9,902710973	0,004268592	4,62E-09	2,13E-09	0	0
200	9,902694723	0,004268417	1,52E-10	-1,31E-09	46,44	34,83

## Solución 10

NodOrigen	NodDestino	Pérdidas (kW)	Pérdidas (kVAr)	Resistencia	Reactancia	Calibre	Jeconomica
-----------	------------	---------------	-----------------	-------------	------------	---------	------------

67	65	0,153059518	0,142555433	0,01836	0,0171	2	0,18282041 7
65	69	0,107485258	0,10010882	0,01785	0,016625	2	0,15538935 6
69	58	0,075882507	0,070674884	0,014994	0,013965	2	0,14245957 0,01184004 7
67	84	0,000285711	0,000266105	0,00816	0,0076	2	0,00473603 5
67	92	0,000131428	0,000122408	0,02346	0,02185	2	0,01765538 2
59	57	0,00023779	0,00022147	0,00306	0,00285	2	0,09774884 0,11938037 1
64	70	0,047384625	0,044132739	0,01989	0,018525	2	0,13113500 2
68	64	0,030810016	0,028695605	0,00867	0,008075	2	0,03137255 3
58	68	0,025368169	0,023627217	0,005916	0,00551	2	0,05895444 5
62	60	0,00750838	0,006993099	0,0306	0,0285	2	0,01765741 3
70	62	0,005480007	0,005103927	0,006324	0,00589	2	0,03377777 5
60	59	0,00095138	0,000886091	0,01224	0,0114	2	0,22259281 4
66	63	0,00357761	0,003332088	0,012546	0,011685	2	0,01616767 2
66	67	0,297563276	0,277142266	0,024072	0,02242	2	0,01721871 1
63	61	0,001099502	0,001024046	0,01683	0,015675	2	0,02573814 7
1	16	0,001855486	0,001728149	0,02448	0,0228	2	0,03725420 3
6	5	0,001865838	0,00173779	0,01122	0,01045	2	0,01721671 3
2	6	0,005046275	0,004699961	0,014484	0,01349	2	0,01491515 2
16	17	0,002473409	0,002303665	0,03264	0,0304	2	0,02533212 5
1	13	0,000261079	0,000243163	0,00459	0,004275	2	0,02533400 9
8	7	0,004272144	0,003978958	0,02652	0,0247	2	0,00661963 5
2	8	0,000657354	0,000612245	0,00408	0,0038	2	0,00470242 7
7	18	6,73211E-05	6,26997E-05	0,00612	0,0057	2	0,08998133 8
85	90	0,000147516	0,000137392	0,02652	0,0247	2	0,27870668 2
9	2	0,061160586	0,056963291	0,03009	0,028025	2	0,27397963 8
87	88	0,435041726	0,405185921	0,02244	0,0209	2	0,18564788 5
88	66	0,563705612	0,525019933	0,03009	0,028025	2	0,09590201 3
19	50	0,21156035	0,197041502	0,02448	0,0228	2	0,06848059 0,04105067 8
50	51	0,04468947	0,041622546	0,01938	0,01805	2	0,01755900 6
51	55	0,038373309	0,035739846	0,03264	0,0304	2	0,02196433 7
55	26	0,011202809	0,010433989	0,02652	0,0247	2	0,06233149 5
26	30	0,002207261	0,002055782	0,02856	0,0266	2	0,06227666 1
46	39	0,003058114	0,002848244	0,0255	0,02375	2	
50	53	0,014905139	0,013882238	0,0153	0,01425	2	
53	23	0,019838562	0,018477092	0,0204	0,019	2	

23	28	0,013301332	0,012388495	0,02652	0,0247	2	0,04472606
28	33	0,005947742	0,005539564	0,03213	0,029925	2	0,02717258
20	46	0,014363883	0,013378126	0,02346	0,02185	2	0,04962766 8
19	43	0,008077033	0,007522728	0,00408	0,0038	2	0,08884260 7
43	24	0,070674081	0,065823899	0,0357	0,03325	2	0,08884265 6
24	34	0,045515405	0,042391798	0,0357	0,03325	2	0,07129991
34	37	0,004233097	0,003942591	0,02244	0,0209	2	0,02742759 8
37	40	0,005482972	0,00510669	0,02907	0,027075	2	0,02742556 2
47	42	0,00094854	0,000883443	0,02244	0,0209	2	0,01304034 4
49	47	0,005458292	0,005083703	0,0204	0,019	2	0,03280806 8
32	19	0,353863182	0,329578454	0,01836	0,0171	2	0,27723025 9
27	35	0,00480316	0,004473532	0,0255	0,02375	2	0,02738869 9
48	44	0,002323706	0,002164236	0,01224	0,0114	2	0,02760478 4
54	22	0,010893073	0,01014551	0,02142	0,01995	2	0,04500170 4
22	27	0,003673692	0,003421576	0,01938	0,01805	2	0,02747593 1
32	54	0,00913249	0,008505751	0,01224	0,0114	2	0,05450776 7
20	49	0,031690746	0,029515893	0,0102	0,0095	2	0,11180155 8
36	31	0,002305785	0,002147545	0,02958	0,02755	2	0,01771026 8
41	36	0,005883514	0,005479743	0,01887	0,017575	2	0,03541925 5
45	41	0,004675157	0,004354314	0,00714	0,00665	2	0,05132715 7
49	45	0,015820035	0,014734347	0,0102	0,0095	2	0,07899348 9
48	20	1,382023432	1,287178686	0,03774	0,03515	2	0,38402201 1
29	38	1,494221478	1,391676867	0,03264	0,0304	2	0,42929495 4
38	48	1,120655425	1,0437477	0,02448	0,0228	2	0,42929291 5
21	52	0,81159733	0,755899474	0,01122	0,01045	2	0,53922373 1
25	29	0,892105138	0,830882237	0,0153	0,01425	2	0,48431477 1
52	25	1,827060873	1,701674342	0,02805	0,026125	2	0,51179651 6
32	21	1,035903801	0,964812365	0,01224	0,0114	2	0,58307062 8
20	71	0,66392967	0,618365869	0,05406	0,05035	2	0,22247812 5
71	73	0,001122118	0,001045112	0,00612	0,0057	2	0,02717808 5
71	75	0,011664325	0,010863831	0,0153	0,01425	2	0,05542511 5
80	74	0,000715379	0,000666285	0,02346	0,02185	2	0,01108493
75	80	0,011274678	0,010500926	0,01479	0,013775	2	0,05542306 1
71	72	0,08635242	0,080426274	0,02754	0,02565	2	0,11243056 6
72	79	0,006157414	0,005734846	0,0204	0,019	2	0,03487946 5



72	76	0,025121573	0,023397543	0,02142	0,01995	2	0,06876590 5
76	77	0,011711774	0,010908025	0,01428	0,0133	2	0,05750648 3
78	82	0,013969308	0,01301063	0,06732	0,0627	2	0,02892781 2
79	81	0,000115053	0,000107157	0,0204	0,019	2	0,00476784 3
77	78	0,00342656	0,003191401	0,00612	0,0057	2	0,04751500 3
82	89	1,19277E-05	1,11086E-05	0,033762	0,031445	2	0,00119363 3
114	113	0,00245525	0,002286752	0,01326	0,01235	2	0,02692382 1
111	114	0,003101168	0,002888343	0,01122	0,01045	2	0,03289461 0,00845701 1
93	112	0,000167888	0,000156366	0,00918	0,00855	2	0,08673477 2
105	94	0,045085024	0,041990954	0,02346	0,02185	2	0,05981571 1
94	111	0,008390234	0,007814435	0,00918	0,00855	2	0,13086460 9
93	110	0,080335128	0,074821933	0,01836	0,0171	2	0,11364624 6
110	105	0,060581305	0,056423765	0,01836	0,0171	2	0,01599073 7
106	102	0,000984122	0,000916583	0,0153	0,01425	2	0,02835196 4
83	106	0,003712492	0,003457713	0,01836	0,0171	2	0,08522524 8
115	96	0,022706706	0,021148403	0,01224	0,0114	2	0,05796074 2
95	100	0,025377547	0,023635951	0,02958	0,02755	2	0,04072776 4
100	99	0,006912945	0,006438528	0,01632	0,0152	2	0,03706940 5
99	101	0,00536885	0,0050004	0,0153	0,01425	2	0,01077267 9
101	98	0,000423182	0,000394141	0,01428	0,0133	2	0,08366846 9
116	95	0,039209692	0,036518831	0,02193	0,020425	2	0,08367046 2
96	116	0,020061729	0,018684945	0,01122	0,01045	2	0,1135269 0,09937775 8
93	97	0,036942149	0,034406903	0,01122	0,01045	2	0,00853565 9
97	115	0,043743236	0,040741249	0,01734	0,01615	2	0,04302992 2
141	146	0,000541372	0,000504219	0,02958	0,02755	2	0,06679571 0,04303194 9
135	141	0,010437585	0,009721281	0,02244	0,0209	2	0,02495859 5
152	131	0,027441312	0,025558084	0,02448	0,0228	2	0,02222299 4
131	135	0,019453698	0,01811864	0,04182	0,03895	2	0,01097749 1
148	56	0,003034767	0,002826498	0,01938	0,01805	2	0,01111152 1
56	124	0,003165722	0,002948466	0,0255	0,02375	2	0,04455448 6
123	126	0,000250203	0,000233031	0,00816	0,0076	2	0,01161982 6
124	127	0,000189944	0,00017691	0,00612	0,0057	2	0,03293430 4
118	199	0,010819825	0,010077288	0,02142	0,01995	2	
199	200	7,00993E-05	6,52904E-05	0,00204	0,0019	2	
199	157	0,00168907	0,00157315	0,00612	0,0057	2	

157	123	0,007881362	0,007340483	0,02856	0,0266	2	0,03293228 4
198	191	2,21462E-05	2,06271E-05	0,00408	0,0038	2	0,00458875 7
198	196	0,004176434	0,003889817	0,01938	0,01805	2	0,02891517 8
158	198	0,021838956	0,020340204	0,07548	0,0703	2	0,03350405 4
196	190	0,000659344	0,000614091	0,00306	0,00285	2	0,02891307 1
158	160	0,066559155	0,06199137	0,02346	0,02185	2	0,10492215 0,04280042 4
160	171	0,011557911	0,010764721	0,02448	0,0228	2	0,03682540 3
171	187	0,008912624	0,008300973	0,0255	0,02375	2	0,01100835 4
178	175	0,00056454	0,000525797	0,01836	0,0171	2	0,05061608 2
160	184	0,024242686	0,022578972	0,03672	0,0342	2	0,03164725 7
184	163	0,006581048	0,006129407	0,0255	0,02375	2	0,00357037 0,02281139 8
163	164	3,01547E-05	2,80842E-05	0,00918	0,00855	2	0,03382175 7
178	172	0,004174573	0,003888082	0,03162	0,02945	2	0,15567677 8
159	178	0,005624743	0,005238731	0,01938	0,01805	2	0,07009570 3
158	181	0,178323884	0,16608597	0,02856	0,0266	2	0,05208280 6
181	185	0,032275151	0,030060189	0,0255	0,02375	2	0,04389793 5
185	165	0,011403274	0,010620696	0,01632	0,0152	2	0,02669990 7
165	169	0,008100665	0,007544737	0,01632	0,0152	2	0,04445063 3
169	173	0,001872947	0,00174441	0,0102	0,0095	2	0,02710466 2
159	179	0,006136471	0,005715342	0,01224	0,0114	2	0,00459126 7
179	176	0,002852009	0,002656282	0,0153	0,01425	2	0,04730024 7
161	168	0,000116331	0,000108348	0,02142	0,01995	2	0,07398925 5
182	161	0,013522924	0,01259488	0,02346	0,02185	2	0,04328709 3
181	182	0,012948517	0,012059893	0,00918	0,00855	2	0,06261680 7
180	177	0,007773454	0,007239981	0,01632	0,0152	2	0,07661382 6
130	156	0,010050245	0,009360522	0,0102	0,0095	2	0,03525269 3
129	130	0,022569122	0,02102026	0,0153	0,01425	2	0,00788435 4
156	132	0,009874395	0,00919674	0,03162	0,02945	2	0,05991774 0,03610633 5
132	139	0,000462045	0,000430336	0,02958	0,02755	2	0,07896064 3
136	143	0,023922002	0,022280296	0,02652	0,0247	2	0,01751895 5
143	147	0,008686192	0,00809008	0,02652	0,0247	2	0,07125421 2
155	136	0,036753136	0,034230862	0,02346	0,02185	2	0,24053616 6
147	149	0,000471906	0,000439522	0,00612	0,0057	2	
138	142	0,022092683	0,020576518	0,01734	0,01615	2	
150	128	0,009807797	0,009134713	0,00918	0,00855	2	

145	144	4,61576E-05	4,299E-05	0,00918	0,00855	2	0,00447214 8
148	145	0,00256909	0,00239278	0,0153	0,01425	2	0,02584400 4
151	134	0,002654931	0,002472731	0,02142	0,01995	2	0,02219536 2
134	194	1,41853E-05	1,32076E-05	0,00255	0,002375	2	0,00470276 9
150	151	0,007807603	0,007271789	0,0153	0,01425	2	0,04503511 3
189	188	0,000992374	0,00092427	0,0204	0,019	2	0,01370818 6
188	197	0,000661591	0,000616188	0,0306	0,0285	2	0,00913891 1
197	195	5,51331E-05	5,13495E-05	0,0102	0,0095	2	0,00456695 8
188	192	3,52799E-05	3,28626E-05	0,006528	0,00608	2	0,00456880 8
137	148	0,034733653	0,032349971	0,0357	0,03325	2	0,06221028 1
154	137	0,035169014	0,032755454	0,02958	0,02755	2	0,06876921 4
137	193	1,98554E-05	1,84968E-05	0,00357	0,003325	2	0,00470182 7
150	154	0,061690324	0,057456674	0,01938	0,01805	2	0,11251005 2
117	83	2,966525221	2,762940156	0,01122	0,01045	2	1,02872934 0,01097749 1
123	125	0,000250203	0,000233031	0,00816	0,0076	2	0,53667451 9
201	91	7,843125648	7,304871927	0,108528	0,10108	2	0,53208087 9
91	1	6,75871353	6,294880248	0,095166	0,088635	2	0,01157602 2
91	86	6,14548E-05	2,0804E-05	0,011308	0,003828	1	1,25967861 1
1	12	1,770386721	0,599313793	0,02827	0,00957	1	1,23211183 4
3	11	3,539956513	1,198351038	0,05911	0,02001	1	1,18846502 9
11	14	5,15244117	1,744211602	0,09252	0,03132	1	1,14849986 1
14	10	6,079266522	2,057961819	0,116935	0,039585	1	1,23211686 6
12	3	2,385642544	0,807591055	0,039835	0,013485	1	0,06978214 1,00984107 5
10	85	0,005950679	0,002014432	0,03084	0,01044	1	0,71413147 0,92502656 0,70132037 9
10	9	1,651510462	0,559071635	0,04112	0,01392	1	0,70131841 2
9	87	1,932384384	0,654153469	0,096375	0,032625	1	0,70131942 5
83	32	2,505695263	2,333735783	0,01173	0,010925	2	0,04460564 9
201	122	1,764648118	0,164354482	0,00357	0,0003325	3	1,14589625 9
119	93	27,12500792	2,526348777	0,054876	0,005111	3	1,08364296 1
122	119	31,51148397	2,934893115	0,06375	0,0059375	3	1,02873131 0,11024580 2
118	120	0,000717526	0,000242898	0,008995	0,003045	1	0,06125378 2
93	118	9,72138606	9,054232115	0,02958	0,02755	2	
118	121	4,192957123	3,905205163	0,01428	0,0133	2	
121	117	14,83268465	13,81475532	0,0561	0,05225	2	
103	104	0,021035198	0,007120865	0,04369	0,01479	1	
83	103	0,019249815	0,01792875	0,0204	0,019	2	

108	107	0,00079886	0,000270431	0,04369	0,01479	1	0,021481154
83	108	0,000600934	0,000559693	0,01326	0,01235	2	0,013422065
140	152	0,104320509	0,035314725	0,06425	0,02175	1	0,202542211
189	158	11,45965358	1,067320677	0,051	0,00475	3	0,476833316
158	183	6,677129065	6,218894717	0,06324	0,0589	2	0,661208179
183	186	1,209594765	1,126583359	0,01224	0,0114	2	0,640455528
186	166	2,923168728	2,722559109	0,02958	0,02755	2	0,640453565
166	174	2,79299737	2,60132108	0,03162	0,02945	2	0,606742251
174	180	2,473367864	2,303626932	0,02958	0,02755	2	0,590934186
180	159	1,701939275	1,585139522	0,0255	0,02375	2	0,530325598
162	170	0,000308556	0,000104453	0,05654	0,01914	1	0,011624319
183	162	0,000812014	0,000274884	0,06682	0,02262	1	0,017346229
159	128	9,628671351	3,259511313	0,20046	0,06786	1	1,142439064
128	140	0,274769659	0,09301541	0,02827	0,00957	1	0,495503098
140	129	0,111717803	0,037818867	0,04112	0,01392	1	0,261966331
128	153	0,392707466	0,132939882	0,03084	0,01044	1	0,56733558
153	155	0,059465505	0,020130346	0,02827	0,00957	1	0,230523702
133	138	0,257367688	0,08712447	0,10537	0,03567	1	0,248571889
153	133	0,235062275	0,079573611	0,06939	0,02349	1	0,292710058
201	189	7,079174713	0,6593349	0,0306	0,00285	3	0,48365343
202	150	0,315382215	0,029373834	0,0306	0,00285	3	0,101158893

Solución 11						
Nodo	Tensión (kV)	Ángulo	Pgenerada (kW)	Qgenerada (kVAr)	Pload (kW)	Qload (kVAr)
201	10	0	11447,35754	8934,509785	0	0
202	9,850377371	0,004388413	950	312,2499	0	0
1	9,925912529	-0,000811255	-1,78E-09	2,04E-09	0	0
2	9,83572557	0,002087273	8,91E-10	3,42E-09	108	81
3	9,909022668	-0,000257349	5,82E-10	3,65E-11	0,008	0,006
4	10	1,38E-20	0,008	0,006	0,008	0,006
5	9,835161603	0,002081151	6,04E-10	4,53E-10	101,464	76,098
6	9,835358209	0,002083285	-1,19E-09	1,41E-09	45,4	34,05
7	9,835197824	0,002081544	1,04E-09	-3,77E-10	73,768	55,326
8	9,835655199	0,002086509	-4,21E-09	9,25E-10	0,008	0,006
9	9,837568932	0,002107281	-1,75E-10	-3,09E-10	108	81
10	9,845836227	0,00183192	1,16E-09	3,13E-10	108	81
11	9,894502096	0,000220407	1,44E-10	2,86E-10	69,12	51,84
12	9,918809584	-0,000578527	1,55E-09	3,63E-10	43,864	32,898
13	9,92586549	-0,000811761	1,59E-09	1,19E-09	59,888	44,916
14	9,872589009	0,000944021	3,56E-11	9,33E-11	63,008	47,256
15	10	-4,89E-18	0,008	0,006	0,008	0,006
16	9,925622929	-0,00081437	4,04E-10	3,65E-11	0,008	0,006

17	9,925236841	-0,000818524	-2,11E-10	-2,47E-10	69,12	51,84
18	9,835170242	0,002081244	-5,64E-10	6,43E-10	26,096	19,572
19	9,834979421	0,003539978	-2,22E-09	3,75E-09	10,8	8,1
20	9,788334533	0,003033832	2,90E-09	2,66E-10	0,448	0,336
21	9,833604198	0,003525246	-7,06E-10	3,91E-09	172,8	129,6
22	9,837332287	0,003565496	4,99E-10	2,86E-10	69,12	51,84
23	9,830373739	0,003489976	1,44E-10	2,86E-10	69,12	51,84
24	9,832574365	0,00351387	4,99E-10	4,63E-10	69,12	51,84
25	9,819775561	0,003375552	1,81E-10	-1,31E-10	108	81
26	9,82836112	0,003468115	3,60E-10	5,37E-10	92,48	69,36
27	9,836969717	0,003561561	3,14E-10	3,25E-10	0,344	0,258
28	9,829566694	0,00348121	8,55E-10	1,08E-10	69,12	51,84
29	9,814755234	0,003321116	1,84E-10	-6,17E-10	216	162
30	9,828019951	0,003464408	1,44E-10	-4,25E-10	69,12	51,84
31	9,785960241	0,00300793	4,99E-10	2,86E-10	69,12	51,84
32	9,838442963	0,003577551	-4,49E-10	-9,58E-10	40,32	30,24
33	9,828972683	0,003474757	-3,10E-10	2,12E-10	106,984	80,238
34	9,830842249	0,003495059	3,60E-10	1,81E-10	172,8	129,6
35	9,836494166	0,003556399	-1,75E-10	-1,31E-10	108	81
36	9,786315113	0,003011802	-2,11E-10	1,35E-09	69,12	51,84
37	9,830423451	0,003490511	7,59E-10	5,69E-10	0,008	0,006
38	9,805265392	0,003218101	4,86E-11	7,47E-10	0,008	0,006
39	9,787166285	0,003021087	2,79E-10	3,15E-11	85,744	64,308
40	9,829880959	0,003484618	1,81E-10	-1,31E-10	108	81
41	9,786767872	0,003016742	-2,67E-10	1,67E-09	62,096	46,572
42	9,786910306	0,003018295	2,81E-10	2,11E-10	50,904	38,178
43	9,834732749	0,0035373	-5,33E-10	-1,78E-10	0	0
44	9,79791895	0,003138212	-8,85E-10	-8,42E-10	108	81
45	9,787016134	0,00301945	5,36E-10	-1,55E-09	108	81
46	9,787545739	0,003025227	1,81E-10	-1,31E-10	108	81
47	9,787108551	0,003020458	1,45E-09	2,11E-11	77,168	57,876
48	9,798148113	0,00314071	1,44E-10	8,19E-10	69,12	51,84
49	9,787561977	0,003025405	1,78E-09	-1,42E-09	0	0
50	9,831887077	0,003506411	1,81E-10	-1,91E-09	108	81
51	9,830622505	0,003492678	-7,08E-10	-3,09E-10	108	81
52	9,829503571	0,003480895	5,36E-10	1,65E-09	108	81
53	9,831238177	0,003499364	6,02E-10	9,64E-11	0,216	0,162
54	9,837988656	0,00357262	-5,59E-10	2,03E-10	37,496	28,122
55	9,829101771	0,003476161	-1,06E-09	-1,31E-10	108	81
56	9,841229441	0,0042995	1,69E-09	1,27E-09	10,8	8,1
57	9,801155806	0,002317095	-3,41E-09	-3,27E-09	69,12	51,84
58	9,804791246	0,002356691	-1,07E-09	-2,05E-09	44,368	33,276
59	9,80119246	0,002317495	2,18E-09	5,19E-09	0,008	0,006
60	9,801339093	0,002319092	9,07E-10	8,58E-10	53,696	40,272
61	9,813564742	0,00245214	5,38E-10	4,03E-10	63,456	47,592
62	9,801990417	0,002326188	3,02E-09	1,29E-09	108	81
63	9,813749585	0,002454152	8,55E-10	-1,14E-09	69,12	51,84
64	9,803562543	0,002343311	-9,22E-10	9,07E-10	84,728	63,546
65	9,808122835	0,002392954	6,07E-10	9,98E-11	107,544	80,658
66	9,814037466	0,002457284	-2,11E-10	-2,47E-10	69,12	51,84
67	9,810400724	0,002417737	2,64E-09	2,90E-10	90,984	68,238
68	9,804264838	0,002350959	3,45E-09	-1,85E-09	46,048	34,536
69	9,806240666	0,00237247	1,00E-09	-3,13E-10	50,672	38,004
70	9,802243376	0,002328943	-1,18E-09	-1,59E-09	151,912	113,934

71	9,780193767	0,002945043	-5,46E-09	5,67E-10	106,984	80,238
72	9,778098287	0,002922168	9,21E-10	-4,64E-10	34,232	25,674
73	9,780081162	0,002943814	-5,91E-10	-4,43E-10	105,944	79,458
74	9,778888818	0,002930795	3,56E-10	4,45E-10	43,2	32,4
75	9,779619732	0,002938776	4,86E-11	-1,21E-09	0,008	0,006
76	9,777101513	0,002911284	1,29E-10	9,65E-11	43,864	32,898
77	9,776545814	0,002905215	-1,50E-09	-1,48E-09	38,92	29,19
78	9,77634904	0,002903066	-4,39E-10	6,70E-10	72,4	54,3
79	9,777616697	0,002916909	-2,08E-11	2,51E-10	117,32	87,99
80	9,779064851	0,002932718	-7,06E-10	-1,42E-09	172,8	129,6
81	9,777550867	0,00291619	6,29E-10	1,17E-10	18,576	13,932
82	9,775031321	0,002888673	-1,75E-10	-3,97E-10	108	81
83	9,845810008	0,003657199	-2,90E-09	-4,11E-11	2,68	2,01
84	9,810335113	0,002417023	1,57E-09	1,14E-10	46,44	34,83
85	9,845406501	0,001846243	-4,18E-10	-2,25E-10	90,832	68,124
86	9,960338376	-0,000431584	6,29E-10	-2,39E-10	18,576	13,932
87	9,823879507	0,002564181	9,64E-11	-8,60E-10	18,576	13,932
88	9,819633824	0,002518093	6,29E-10	-2,39E-10	18,576	13,932
89	9,775004053	0,002888376	1,82E-10	4,03E-10	4,648	3,486
90	9,845321511	0,001845321	-4,36E-10	1,17E-10	18,576	13,932
91	9,96036482	-0,000432456	-7,99E-10	0,00E+00	0	0
92	9,810325272	0,002416916	-4,36E-10	4,72E-10	18,576	13,932
93	9,926409936	0,004521452	4,59E-09	6,88E-10	15,72	11,79
94	9,921929119	0,00447325	-5,30E-10	-4,86E-10	108	81
95	9,921730601	0,004471119	-2,48E-10	-1,34E-09	103,136	77,352
96	9,92363531	0,004491612	-1,87E-09	-6,90E-10	6,24	4,68
97	9,925535108	0,004512045	6,36E-10	1,22E-10	56,808	42,606
98	9,919601811	0,004448208	3,56E-10	8,97E-11	43,2	32,4
99	9,92009689	0,004453537	-1,07E-09	-9,80E-10	14,672	11,004
100	9,9205533	0,004458449	8,55E-10	-6,96E-11	69,12	51,84
101	9,919707442	0,004449345	-1,42E-09	-2,83E-12	105,456	79,092
102	9,845288513	0,003651543	2,09E-10	1,56E-10	63,168	47,376
103	9,844958497	0,003647962	1,57E-09	2,86E-10	69,12	51,84
104	9,843996848	0,003680016	-3,50E-10	-8,52E-11	172,8	129,6
105	9,923326593	0,004488288	-1,75E-10	-1,31E-10	108	81
106	9,84545525	0,003653351	-1,65E-09	5,37E-10	48,832	36,624
107	9,845501309	0,003662129	-6,58E-10	3,97E-11	33,68	25,26
108	9,845688712	0,003655883	1,03E-09	-1,13E-10	19,344	14,508
109	10	1,95E-17	0,008	0,006	0,008	0,006
110	9,924759671	0,004503704	8,55E-10	2,86E-10	69,12	51,84
111	9,921552006	0,004469192	5,36E-10	-1,31E-10	108	81
112	9,926356591	0,004520878	3,34E-10	7,25E-11	33,96	25,47
113	9,92105336	0,004463825	-1,75E-10	-1,31E-10	108	81
114	9,921298538	0,004466464	6,17E-10	1,07E-10	23,952	17,964
115	9,924351672	0,004499318	2,80E-10	1,22E-10	56,808	42,606
116	9,922990628	0,004484677	-1,02E-09	-1,92E-09	0,008	0,006
117	9,853649764	0,00374186	2,26E-10	-4,96E-10	0,008	0,006
118	9,903365132	0,004275645	-4,62E-09	7,11E-10	0	0
119	9,959432662	0,002482687	1,29E-09	1,03E-10	0,008	0,006
120	9,903284544	0,004278316	3,01E-09	1,23E-10	70,76	53,07
121	9,892849672	0,004163155	1,56E-09	-2,97E-10	219,032	164,274
122	9,997847157	0,000131152	-6,52E-09	-2,97E-10	0,008	0,006
123	9,901928141	0,004260151	-4,85E-09	-2,39E-09	43,864	32,898
124	9,840843323	0,004295311	-9,37E-10	9,65E-11	43,864	32,898

125	9,901866743	0,004259489	-1,29E-09	9,65E-11	43,864	32,898
126	9,901866743	0,004259489	-1,29E-09	9,65E-11	43,864	32,898
127	9,840796989	0,004294808	1,55E-09	8,07E-10	43,864	32,898
128	9,847101065	0,004363177	-2,25E-09	-2,05E-09	69,12	51,84
129	9,845186548	0,004530633	-8,85E-10	-1,31E-10	108	81
130	9,84438831	0,004521976	1,10E-09	-6,13E-11	55,248	41,436
131	9,843626318	0,004533453	-6,34E-11	6,19E-10	93,784	70,338
132	9,843194341	0,004509025	-1,75E-10	4,67E-11	108	81
133	9,839558364	0,004614461	4,99E-10	2,41E-10	69,12	51,84
134	9,84515057	0,004342028	-2,11E-10	-3,27E-09	69,12	51,84
135	9,842401074	0,004520162	-1,19E-09	-6,74E-10	0,008	0,006
136	9,841047538	0,004509135	-9,63E-11	-7,83E-10	75,16	56,37
137	9,843072311	0,004319492	5,63E-09	1,60E-09	7,328	5,496
138	9,834334446	0,004788684	3,58E-10	-2,64E-10	108	81
139	9,843035534	0,004507302	4,33E-10	-1,19E-10	31,112	23,334
140	9,847335896	0,004459004	-2,98E-09	2,80E-11	48,584	36,438
141	9,841743658	0,00451303	-4,95E-11	1,03E-09	136,08	102,06
142	9,833493415	0,004779552	1,85E-10	2,28E-10	280,8	210,6
143	9,839965235	0,004497392	1,18E-10	3,55E-10	93,96	70,47
144	9,841261609	0,004299849	7,22E-10	8,91E-12	17,656	13,242
145	9,841289583	0,004300153	1,20E-09	2,50E-09	84,376	63,282
146	9,841571758	0,004511165	3,60E-10	1,81E-10	33,672	25,254
147	9,83931306	0,004490315	5,42E-10	4,96E-10	73,336	55,002
148	9,841559015	0,004303076	7,03E-10	-7,60E-10	45,04	33,78
149	9,839240036	0,004489522	8,55E-10	9,96E-10	69,12	51,84
150	9,845944346	0,004350637	-8,85E-10	-4,86E-10	108	81
151	9,845474649	0,004345543	-1,13E-09	1,33E-10	90,248	67,686
152	9,844739684	0,004545527	8,27E-11	1,95E-10	53,648	40,236
153	9,843609895	0,004479461	-2,88E-09	-5,14E-10	69,12	51,84
154	9,844458409	0,004334524	7,15E-10	-3,52E-10	172,8	129,6
155	9,842309292	0,004522823	1,17E-09	7,89E-10	49,472	37,104
156	9,843953382	0,004517258	1,81E-10	-3,09E-10	108	81
157	9,902572819	0,004267103	-1,37E-09	1,64E-09	0,008	0,006
158	9,968135696	0,002262778	-1,03E-10	-1,32E-09	2,336	1,752
159	9,888561857	0,002256677	-3,68E-10	-1,32E-09	0,904	0,678
160	9,966437719	0,002244591	2,68E-10	1,09E-09	46,576	34,932
161	9,963835321	0,002216711	3,60E-10	-1,06E-09	172,8	129,6
162	9,939822922	0,002248764	1,50E-10	-1,54E-10	9,144	6,858
163	9,96459902	0,00222489	-1,50E-10	-1,18E-09	113,616	85,212
164	9,964576412	0,002224648	-3,00E-10	8,41E-10	14,448	10,836
165	9,963250239	0,002210442	-5,57E-10	-5,95E-10	33,112	24,834
166	9,922092172	0,002233116	1,79E-10	-2,21E-10	136,936	102,702
167	10	-1,78E-17	0,008	0,006	0,008	0,006
168	9,963767491	0,002215984	2,74E-10	4,72E-10	18,576	13,932
169	9,962756175	0,002205147	-2,82E-09	5,51E-10	69,568	52,176
170	9,939690428	0,002253138	-8,12E-11	2,79E-11	18,576	13,932
171	9,965714934	0,002236847	-1,05E-10	-7,86E-11	24,184	18,138
172	9,887619539	0,002246501	2,77E-10	2,08E-10	90,888	68,166
173	9,962568362	0,002203134	5,36E-10	5,80E-10	108	81
174	9,909250562	0,002235086	-9,39E-11	-1,59E-10	64,112	48,084
175	9,887974884	0,002250339	4,84E-10	4,52E-10	43,864	32,898
176	9,887905607	0,00224959	-8,85E-10	-4,86E-10	108	81
177	9,897078525	0,002235219	1,43E-09	7,14E-10	172,8	129,6
178	9,888113224	0,002251833	-3,07E-10	7,47E-10	0,008	0,006

179	9,888189454	0,002252656	1,44E-10	-1,49E-09	69,12	51,84
180	9,897562507	0,002240441	-3,07E-10	-4,08E-10	72,904	54,678
181	9,965069159	0,002229932	-2,31E-09	6,67E-10	46,912	35,184
182	9,964600675	0,002224913	1,25E-09	-1,20E-09	108	81
183	9,940056583	0,00224105	2,32E-10	-1,42E-09	56,8	42,6
184	9,965155668	0,002230855	-1,51E-09	-9,14E-10	76,768	57,576
185	9,963836429	0,002216724	1,68E-09	7,26E-10	72,88	54,66
186	9,934798695	0,002238731	-3,07E-10	1,28E-09	0,008	0,006
187	9,965067142	0,002229906	2,00E-10	4,16E-10	149,04	111,78
188	9,987737394	0,000851801	7,11E-10	3,55E-10	0	0
189	9,987930732	0,000853868	3,55E-10	3,11E-10	0	0
190	9,96594348	0,002239294	2,85E-09	-2,13E-09	117,032	87,774
191	9,966378181	0,002243951	6,29E-10	1,18E-09	18,576	13,932
192	9,987716772	0,00085158	6,29E-10	-2,39E-10	18,576	13,932
193	9,843060867	0,004319368	-2,21E-09	1,18E-09	18,576	13,932
194	9,845142398	0,004341939	3,47E-09	4,02E-09	18,576	13,932
195	9,987511832	0,000849389	6,29E-10	4,72E-10	18,576	13,932
196	9,966004515	0,002239948	-5,28E-09	-1,21E-09	0,008	0,006
197	9,987544055	0,000849734	2,05E-09	-5,94E-10	18,576	13,932
198	9,966391098	0,00224409	8,88E-11	-3,55E-10	0	0
199	9,902710973	0,004268592	-1,07E-09	3,55E-10	0	0
200	9,902694723	0,004268417	5,84E-09	1,54E-09	46,44	34,83

Solución 11							
NodOrigen	NodDestino	Pérdidas (kW)	Pérdidas (kVAr)	Resistencia	Reactancia	Calibre	Jeconomica
67	65	0,153059518	0,142555434	0,01836	0,0171	2	0,182820418
65	69	0,107485259	0,10010882	0,01785	0,016625	2	0,155389356
69	58	0,075882507	0,070674883	0,014994	0,013965	2	0,142459568
67	84	0,000285713	0,000266104	0,00816	0,0076	2	0,011840106
67	92	0,000131427	0,000122408	0,02346	0,02185	2	0,004736022
59	57	0,00023779	0,00022147	0,00306	0,00285	2	0,017655382
64	70	0,047384625	0,044132739	0,01989	0,018525	2	0,097748841
68	64	0,030810016	0,028695605	0,00867	0,008075	2	0,119380371
58	68	0,02536817	0,023627216	0,005916	0,00551	2	0,13113501
62	60	0,00750838	0,006993099	0,0306	0,0285	2	0,031372553
70	62	0,005480005	0,005103927	0,006324	0,00589	2	0,05895443
60	59	0,00095138	0,00088609	0,01224	0,0114	2	0,017657413
66	63	0,00357761	0,003332087	0,012546	0,011685	2	0,033777775
66	67	0,297563275	0,277142266	0,024072	0,02242	2	0,222592814
63	61	0,001099502	0,001024046	0,01683	0,015675	2	0,016167677
1	16	0,001855486	0,001728149	0,02448	0,0228	2	0,017218704
6	5	0,001865838	0,00173779	0,01122	0,01045	2	0,025736117
2	6	0,005046275	0,004699962	0,014484	0,01349	2	0,03725218



16	17	0,002473409	0,002303665	0,03264	0,0304	2	0,01721671 3
1	13	0,00026108	0,000243165	0,00459	0,004275	2	0,01491523 3
8	7	0,004272144	0,003978958	0,02652	0,0247	2	0,02533213 4
2	8	0,000657356	0,000612246	0,00408	0,0038	2	0,00661977 4
7	18	6,73225E-05	6,27011E-05	0,00612	0,0057	2	0,00470241 6
85	90	0,000147516	0,000137392	0,02652	0,0247	2	0,08997931 3
9	2	0,061160586	0,05696329	0,03009	0,028025	2	0,27870668 2
87	88	0,435041726	0,405185921	0,02244	0,0209	2	0,27397963 7
88	66	0,563705612	0,525019933	0,03009	0,028025	2	0,18564788 5
19	50	0,21156035	0,197041502	0,02448	0,0228	2	0,09590201 3
50	51	0,04468947	0,041622545	0,01938	0,01805	2	0,06848059 6
51	55	0,03837331	0,035739847	0,03264	0,0304	2	0,04105067 3
55	26	0,011202809	0,010433989	0,02652	0,0247	2	0,01755900 3
26	30	0,00220726	0,002055782	0,02856	0,0266	2	0,02196433 9
46	39	0,003058115	0,002848244	0,0255	0,02375	2	0,06233149 8
50	53	0,01490514	0,013882237	0,0153	0,01425	2	0,06227666 1
53	23	0,019838562	0,018477092	0,0204	0,019	2	0,04472606 6
23	28	0,013301332	0,012388496	0,02652	0,0247	2	0,02717258 6
28	33	0,005947742	0,005539564	0,03213	0,029925	2	0,04962766 3
20	46	0,014363882	0,013378126	0,02346	0,02185	2	0,08884262 6
19	43	0,008077035	0,007522729	0,00408	0,0038	2	0,08884265 6
43	24	0,070674081	0,065823899	0,0357	0,03325	2	0,07129991 6
24	34	0,045515405	0,042391799	0,0357	0,03325	2	0,02742759 6
34	37	0,004233097	0,00394259	0,02244	0,0209	2	0,02742556 1
37	40	0,005482972	0,00510669	0,02907	0,027075	2	0,01304034 4
47	42	0,00094854	0,000883443	0,02244	0,0209	2	0,03280806 8
49	47	0,005458292	0,005083703	0,0204	0,019	2	0,27723025 9
32	19	0,353863182	0,329578454	0,01836	0,0171	2	0,02738869 7
27	35	0,00480316	0,004473532	0,0255	0,02375	2	0,02760478 4
48	44	0,002323706	0,002164236	0,01224	0,0114	2	0,04500170 7
54	22	0,010893074	0,01014551	0,02142	0,01995	2	0,02747592 8
22	27	0,003673692	0,003421576	0,01938	0,01805	2	0,05450776 3
32	54	0,009132489	0,00850575	0,01224	0,0114	2	0,11180156 1
20	49	0,031690747	0,029515893	0,0102	0,0095	2	0,01771026 8
36	31	0,002305785	0,002147545	0,02958	0,02755	2	0,03541925
41	36	0,005883513	0,005479743	0,01887	0,017575	2	

							3
45	41	0,004675157	0,004354311	0,00714	0,00665	2	0,05132715 7
49	45	0,015820036	0,014734346	0,0102	0,0095	2	0,07899349 3
48	20	1,382023431	1,287178686	0,03774	0,03515	2	0,38402201 1
29	38	1,494221478	1,391676867	0,03264	0,0304	2	0,42929495 4
38	48	1,120655425	1,0437477	0,02448	0,0228	2	0,42929291 5
21	52	0,811597329	0,755899474	0,01122	0,01045	2	0,53922373 0,48431477
25	29	0,892105138	0,830882237	0,0153	0,01425	2	1
52	25	1,827060873	1,701674342	0,02805	0,026125	2	0,51179651 6
32	21	1,0359038	0,964812364	0,01224	0,0114	2	0,58307062 7
20	71	0,66392967	0,618365869	0,05406	0,05035	2	0,22247812 5
71	73	0,001122118	0,00104511	0,00612	0,0057	2	0,02717808 5
71	75	0,011664325	0,010863831	0,0153	0,01425	2	0,05542511 5
80	74	0,000715379	0,000666285	0,02346	0,02185	2	0,01108493 0,05542306
75	80	0,011274678	0,010500926	0,01479	0,013775	2	1
71	72	0,08635242	0,080426274	0,02754	0,02565	2	0,11243056 6
72	79	0,006157414	0,005734846	0,0204	0,019	2	0,03487946 3
72	76	0,025121573	0,023397543	0,02142	0,01995	2	0,06876590 5
76	77	0,011711774	0,010908025	0,01428	0,0133	2	0,05750648 3
78	82	0,013969308	0,01301063	0,06732	0,0627	2	0,02892781 2
79	81	0,000115053	0,000107157	0,0204	0,019	2	0,00476784 3
77	78	0,003426558	0,003191401	0,00612	0,0057	2	0,04751498 3
82	89	1,19275E-05	1,1109E-05	0,033762	0,031445	2	0,00119361 5
114	113	0,002455249	0,002286752	0,01326	0,01235	2	0,02692381 3
111	114	0,003101169	0,002888343	0,01122	0,01045	2	0,03289461 7
93	112	0,000167887	0,000156366	0,00918	0,00855	2	0,00845697 5
105	94	0,045085025	0,041990955	0,02346	0,02185	2	0,08673477 3
94	111	0,008390234	0,007814435	0,00918	0,00855	2	0,05981571 1
93	110	0,080335128	0,074821933	0,01836	0,0171	2	0,13086460 9
110	105	0,060581305	0,056423764	0,01836	0,0171	2	0,11364624 6
106	102	0,00098412	0,000916583	0,0153	0,01425	2	0,01599071 4
83	106	0,003712491	0,003457713	0,01836	0,0171	2	0,02835195 6
115	96	0,022706705	0,021148403	0,01224	0,0114	2	0,08522524 5
95	100	0,025377548	0,02363595	0,02958	0,02755	2	0,05796074 3
100	99	0,006912945	0,006438527	0,01632	0,0152	2	0,04072776 4

99	101	0,00536885	0,005000399	0,0153	0,01425	2	0,03706941
							0,01077267
101	98	0,000423182	0,00039414	0,01428	0,0133	2	9
							0,08366846
116	95	0,039209692	0,036518831	0,02193	0,020425	2	9
							0,08367045
96	116	0,020061729	0,018684944	0,01122	0,01045	2	9
							0,11352689
93	97	0,036942149	0,034406902	0,01122	0,01045	2	8
							0,09937775
97	115	0,043743235	0,040741249	0,01734	0,01615	2	8
							0,00853038
141	146	0,000541037	0,000503907	0,02958	0,02755	2	3
							0,04300333
135	141	0,010431135	0,009715274	0,02244	0,0209	2	2
							0,06675443
152	131	0,027424355	0,025542292	0,02448	0,0228	2	6
							0,04300535
131	135	0,019441676	0,018107443	0,04182	0,03895	2	6
							0,02496441
148	56	0,003035474	0,002827158	0,01938	0,01805	2	3
							0,02222818
56	124	0,003166461	0,002949155	0,0255	0,02375	2	1
							0,01097736
123	126	0,000250201	0,000233032	0,00816	0,0076	2	7
							0,01111409
124	127	0,000189988	0,000176949	0,00612	0,0057	2	8
							0,04455448
118	199	0,010819825	0,010077288	0,02142	0,01995	2	6
							0,01162076
199	200	7,0105E-05	6,52932E-05	0,00204	0,0019	2	8
							0,03293427
199	157	0,001689068	0,001573149	0,00612	0,0057	2	6
							0,03293228
157	123	0,007881361	0,007340484	0,02856	0,0266	2	1
							0,00458875
198	191	2,21462E-05	2,06256E-05	0,00408	0,0038	2	7
							0,02891517
198	196	0,004176433	0,003889816	0,01938	0,01805	2	3
							0,03350404
158	198	0,02183895	0,020340198	0,07548	0,0703	2	4
							0,02891332
196	190	0,00065935	0,000614094	0,00306	0,00285	2	2
							0,10492212
158	160	0,066559137	0,061991352	0,02346	0,02185	2	2
							0,04280041
160	171	0,011557908	0,010764718	0,02448	0,0228	2	3
							0,03682539
171	187	0,008912621	0,008300971	0,0255	0,02375	2	3
							0,01100834
178	175	0,00056454	0,000525797	0,01836	0,0171	2	7
							0,05061606
160	184	0,024242679	0,022578966	0,03672	0,0342	2	7
							0,03164724
184	163	0,006581045	0,006129405	0,0255	0,02375	2	4
							0,00357045
163	164	3,01554E-05	2,80849E-05	0,00918	0,00855	2	4
							0,02281137
178	172	0,004174568	0,003888078	0,03162	0,02945	2	1
							0,03382171
159	178	0,005624736	0,005238724	0,01938	0,01805	2	6
							0,15567673
158	181	0,17832383	0,16608592	0,02856	0,0266	2	1
							0,07009568
181	185	0,032275141	0,03006018	0,0255	0,02375	2	2
							0,05208279
185	165	0,011403271	0,010620693	0,01632	0,0152	2	2
							0,04389791
165	169	0,008100661	0,007544735	0,01632	0,0152	2	6

169	173	0,001872946	0,001744409	0,0102	0,0095	2	0,02669989 7
159	179	0,006136465	0,005715335	0,01224	0,0114	2	0,04445059 1
179	176	0,002852006	0,002656279	0,0153	0,01425	2	0,02710462 8
161	168	0,000116331	0,000108348	0,02142	0,01995	2	0,00459126 7
182	161	0,01352292	0,012594875	0,02346	0,02185	2	0,04730023 1
181	182	0,012948512	0,01205989	0,00918	0,00855	2	0,07398922 6
180	177	0,007773447	0,007239975	0,01632	0,0152	2	0,04328705 3
130	156	0,010044036	0,00935474	0,0102	0,0095	2	0,06257812 5
129	130	0,022555179	0,021007274	0,0153	0,01425	2	0,07656649 5
156	132	0,009868294	0,009191059	0,03162	0,02945	2	0,03523091 3
132	139	0,00046176	0,00043007	0,02958	0,02755	2	0,00787949 2
136	143	0,023921958	0,022280255	0,02652	0,0247	2	0,05991763
143	147	0,008686176	0,008090066	0,02652	0,0247	2	0,03610627 7
155	136	0,036753068	0,0342308	0,02346	0,02185	2	0,07896049 7
147	149	0,000471907	0,000439522	0,00612	0,0057	2	0,01751900 7
138	142	0,022092643	0,020576481	0,01734	0,01615	2	0,07125408 3
128	150	0,078937632	0,073520344	0,00918	0,00855	2	0,18491805 3
145	144	4,61682E-05	4,30006E-05	0,00918	0,00855	2	0,00447318 1
148	145	0,00256969	0,002393338	0,0153	0,01425	2	0,02585003 6
151	134	0,00265555	0,002473307	0,02142	0,01995	2	0,02220054 2
134	194	1,41881E-05	1,32104E-05	0,00255	0,002375	2	0,00470371 2
150	151	0,007809423	0,007273484	0,0153	0,01425	2	0,04504560 9
189	188	0,000992374	0,00092427	0,0204	0,019	2	0,01370819 1
188	197	0,000661592	0,000616188	0,0306	0,0285	2	0,00913891 6
197	195	5,51346E-05	5,13509E-05	0,0102	0,0095	2	0,00456961 8
188	192	3,52827E-05	3,2864E-05	0,006528	0,00608	2	0,00456917 6
137	148	0,034741758	0,03235752	0,0357	0,03325	2	0,06222479 8
154	137	0,03517722	0,032763097	0,02958	0,02755	2	0,06878526
137	193	1,98639E-05	1,85025E-05	0,00357	0,003325	2	0,00470384 6
150	154	0,061704715	0,057470077	0,01938	0,01805	2	0,11253629 8
117	83	2,966525221	2,762940156	0,01122	0,01045	2	1,02873133 2
123	125	0,000250201	0,000233032	0,00816	0,0076	2	0,01097736 7
201	91	7,843125648	7,304871927	0,108528	0,10108	2	0,53667248 7
91	1	6,75871353	6,294880248	0,095166	0,088635	2	0,53207889 6
91	86	6,14548E-05	2,0804E-05	0,011308	0,003828	1	0,01157602 2

1	12	1,770386721	0,599313793	0,02827	0,00957	1	1,25967348 3
3	11	3,539956513	1,198351038	0,05911	0,02001	1	1,23210670 4
11	14	5,15244117	1,744211602	0,09252	0,03132	1	1,18845989 6
14	10	6,079266522	2,057961819	0,116935	0,039585	1	1,14849472 6
12	3	2,385642543	0,807591055	0,039835	0,013485	1	1,23211173 6
10	85	0,005950679	0,002014432	0,03084	0,01044	1	0,06978214 8
10	9	1,651510462	0,559071635	0,04112	0,01392	1	1,00983593 6
9	87	1,932384384	0,654153469	0,096375	0,032625	1	0,71413147
83	32	2,505695262	2,333735783	0,01173	0,010925	2	0,92502656 9
201	122	1,764648118	0,164354482	0,00357	0,0003325	3	0,70132141 9
119	93	27,12500792	2,526348777	0,054876	0,005111	3	0,70131945 2
122	119	31,51148397	2,934893115	0,06375	0,0059375	3	0,70132041 5
118	120	0,000717526	0,000242898	0,008995	0,003045	1	0,04460564 9
93	118	9,72138606	9,054232115	0,02958	0,02755	2	1,14589834 7
118	121	4,192957123	3,905205163	0,01428	0,0133	2	1,08364505 1
121	117	14,83268465	13,81475532	0,0561	0,05225	2	1,02873340 1
103	104	0,021035199	0,007120865	0,04369	0,01479	1	0,11024580 3
83	103	0,019249816	0,01792875	0,0204	0,019	2	0,06125378 3
108	107	0,000798859	0,000270431	0,04369	0,01479	1	0,02148113 5
83	108	0,000600934	0,000559692	0,01326	0,01235	2	0,01342204 9
140	152	0,104256056	0,035292906	0,06425	0,02175	1	0,20241707 2
189	158	11,45892827	1,067253123	0,051	0,00475	3	0,47680313 5
158	183	6,67652671	6,2183337	0,06324	0,0589	2	0,66114853 1
183	186	1,209482271	1,126478585	0,01224	0,0114	2	0,64039596 5
186	166	2,922896866	2,722305905	0,02958	0,02755	2	0,64039400 1
166	174	2,792723929	2,601066404	0,03162	0,02945	2	0,60668285 1
174	180	2,4731196	2,303395705	0,02958	0,02755	2	0,59087487 1
180	159	1,70175018	1,584963402	0,0255	0,02375	2	0,53026667 6
162	170	0,000308556	0,000104453	0,05654	0,01914	1	0,01162432 6
183	162	0,000812014	0,000274884	0,06682	0,02262	1	0,01734622 5
159	128	9,627434162	3,259092498	0,20046	0,06786	1	1,14229227 1
140	128	0,030009122	0,01015873	0,02827	0,00957	1	1,76005213 7
140	129	0,111648796	0,037795507	0,04112	0,01392	1	0,26180451 7
128	153	0,392706743	0,132939637	0,03084	0,01044	1	0,56733453 5
153	155	0,059465396	0,020130309	0,02827	0,00957	1	0,23052328 2
133	138	0,257367214	0,08712431	0,10537	0,03567	1	0,24857143

							2
153	133	0,235061843	0,079573464	0,06939	0,02349	1	0,29270952
201	189	7,078732838	0,659293745	0,0306	0,00285	3	0,48362324 1
202	140	0,315366595	0,029372379	0,0306	0,00285	3	0,101153882

Solución 12						
Nodo	Tensión (kV)	Ángulo	Pgenerada (kW)	Qgenerada (kVAr)	Pload (kW)	Qload (kVAr)
201	10	0	11447,66832	8934,833047	0	0
202	9,858295548	0,004877453	950	312,2499	0	0
1	9,925912529	-0,000811255	-1,33E-09	2,75E-09	0	0
2	9,83572557	0,002087273	-8,85E-10	5,80E-10	108	81
3	9,909022668	-0,000257349	2,26E-10	-5,24E-11	0,008	0,006
4	10	-3,51E-17	0,008	0,006	0,008	0,006
5	9,835161603	0,002081151	-1,07E-10	-2,58E-10	101,464	76,098
6	9,835358209	0,002083285	-1,91E-09	1,41E-09	45,4	34,05
7	9,835197824	0,002081544	6,81E-10	-1,09E-09	73,768	55,326
8	9,835655199	0,002086509	-2,44E-09	1,28E-09	0,008	0,006
9	9,837568932	0,002107281	3,01E-12	3,58E-10	108	81
10	9,845836227	0,00183192	2,69E-10	1,35E-10	108	81
11	9,894502096	0,000220407	1,44E-10	-1,14E-10	69,12	51,84
12	9,918809584	-0,000578527	-5,82E-10	2,74E-10	43,864	32,898
13	9,92586549	-0,000811761	-2,67E-09	-1,65E-09	59,888	44,916
14	9,872589009	0,000944021	3,02E-10	4,89E-11	63,008	47,256
15	10	-3,48E-17	0,008	0,006	0,008	0,006
16	9,925622929	-0,00081437	4,86E-11	1,46E-09	0,008	0,006
17	9,925236841	-0,000818524	4,99E-10	1,08E-10	69,12	51,84
18	9,835170242	0,002081244	-1,98E-09	6,43E-10	26,096	19,572
19	9,834979421	0,003539978	-3,64E-09	5,17E-09	10,8	8,1
20	9,788334533	0,003033832	2,72E-09	6,21E-10	0,448	0,336
21	9,833604198	0,003525246	-7,06E-10	3,20E-09	172,8	129,6
22	9,837332287	0,003565496	1,21E-09	1,35E-09	69,12	51,84
23	9,830373739	0,003489976	8,55E-10	-6,96E-11	69,12	51,84
24	9,832574365	0,00351387	-3,36E-11	4,63E-10	69,12	51,84
25	9,819775561	0,003375552	1,81E-10	2,24E-10	108	81
26	9,82836112	0,003468115	7,16E-10	5,37E-10	92,48	69,36
27	9,836969717	0,003561561	-3,96E-10	-7,41E-10	0,344	0,258
28	9,829566694	0,00348121	8,55E-10	-2,47E-10	69,12	51,84
29	9,814755234	0,003321116	-1,24E-09	-8,43E-11	216	162
30	9,828019951	0,003464408	4,99E-10	-6,96E-11	69,12	51,84
31	9,785960241	0,00300793	4,99E-10	2,86E-10	69,12	51,84
32	9,838442963	0,003577551	2,62E-10	1,17E-09	40,32	30,24
33	9,828972683	0,003474757	4,56E-11	3,42E-11	106,984	80,238
34	9,830842249	0,003495059	-5,28E-10	-1,06E-09	172,8	129,6
35	9,836494166	0,003556399	1,81E-10	-1,31E-10	108	81
36	9,786315113	0,003011802	-5,67E-10	2,86E-10	69,12	51,84
37	9,830423451	0,003490511	-3,07E-10	2,14E-10	0,008	0,006
38	9,805265392	0,003218101	-6,62E-10	3,65E-11	0,008	0,006
39	9,787166285	0,003021087	2,79E-10	3,15E-11	85,744	64,308
40	9,829880959	0,003484618	-5,30E-10	-1,31E-10	108	81
41	9,786767872	0,003016742	7,99E-10	-8,22E-10	62,096	46,572
42	9,786910306	0,003018295	-7,38E-11	2,11E-10	50,904	38,178

43	9,834732749	0,0035373	2,66E-09	-2,49E-09	0	0
44	9,79791895	0,003138212	-1,75E-10	5,80E-10	108	81
45	9,787016134	0,00301945	5,36E-10	-1,31E-10	108	81
46	9,787545739	0,003025227	-1,75E-10	-1,31E-10	108	81
47	9,787108551	0,003020458	-3,27E-10	-3,34E-10	77,168	57,876
48	9,798148113	0,00314071	-1,63E-09	-1,49E-09	69,12	51,84
49	9,787561977	0,003025405	-1,07E-09	1,78E-09	0	0
50	9,831887077	0,003506411	8,91E-10	-1,55E-09	108	81
51	9,830622505	0,003492678	1,81E-10	2,24E-10	108	81
52	9,829503571	0,003480895	5,36E-10	1,29E-09	108	81
53	9,831238177	0,003499364	6,02E-10	4,52E-10	0,216	0,162
54	9,837988656	0,00357262	1,52E-10	-5,08E-10	37,496	28,122
55	9,829101771	0,003476161	-1,75E-10	4,67E-11	108	81
56	9,841206576	0,004300265	-8,85E-11	2,00E-10	10,8	8,1
57	9,801155806	0,002317095	-3,41E-09	-4,25E-10	69,12	51,84
58	9,804791246	0,002356691	-3,61E-10	2,93E-09	44,368	33,276
59	9,80119246	0,002317495	-1,37E-09	-1,92E-09	0,008	0,006
60	9,801339093	0,002319092	9,07E-10	8,58E-10	53,696	40,272
61	9,813564742	0,00245214	-1,73E-10	4,81E-11	63,456	47,592
62	9,801990417	0,002326188	-1,60E-09	4,02E-10	108	81
63	9,813749585	0,002454152	1,21E-09	6,41E-10	69,12	51,84
64	9,803562543	0,002343311	-2,12E-10	-8,69E-10	84,728	63,546
65	9,808122835	0,002392954	1,32E-09	8,10E-10	107,544	80,658
66	9,814037466	0,002457284	8,55E-10	-1,14E-09	69,12	51,84
67	9,810400724	0,002417737	-3,40E-09	-7,75E-10	90,984	68,238
68	9,804264838	0,002350959	2,74E-09	2,81E-10	46,048	34,536
69	9,806240666	0,00237247	2,07E-09	-3,13E-10	50,672	38,004
70	9,802243376	0,002328943	2,38E-09	-1,71E-10	151,912	113,934
71	9,780193767	0,002945043	-2,44E-09	2,12E-10	106,984	80,238
72	9,778098287	0,002922168	-8,56E-10	2,46E-10	34,232	25,674
73	9,780081162	0,002943814	8,30E-10	-4,43E-10	105,944	79,458
74	9,778888818	0,002930795	1,20E-12	8,97E-11	43,2	32,4
75	9,779619732	0,002938776	-1,37E-09	-1,92E-09	0,008	0,006
76	9,777101513	0,002911284	1,29E-10	9,65E-11	43,864	32,898
77	9,776545814	0,002905215	6,35E-10	6,54E-10	38,92	29,19
78	9,77634904	0,002903066	2,76E-09	2,18E-09	72,4	54,3
79	9,777616697	0,002916909	-3,76E-10	1,32E-09	117,32	87,99
80	9,779064851	0,002932718	3,60E-10	-7,07E-10	172,8	129,6
81	9,777550867	0,00291619	-8,12E-11	4,72E-10	18,576	13,932
82	9,775031321	0,002888673	1,81E-10	-1,31E-10	108	81
83	9,845810008	0,003657199	1,37E-09	-3,95E-09	2,68	2,01
84	9,810335113	0,002417023	1,57E-09	8,25E-10	46,44	34,83
85	9,845406501	0,001846243	1,36E-09	3,08E-10	90,832	68,124
86	9,960338376	-0,000431584	6,29E-10	1,17E-10	18,576	13,932
87	9,823879507	0,002564181	-2,59E-10	-5,05E-10	18,576	13,932
88	9,819633824	0,002518093	2,74E-10	-4,16E-10	18,576	13,932
89	9,775004053	0,002888376	-1,74E-10	4,74E-11	4,648	3,486
90	9,845321511	0,001845321	2,74E-10	8,27E-10	18,576	13,932
91	9,96036482	-0,000432456	6,22E-10	8,88E-10	0	0
92	9,810325272	0,002416916	-8,12E-11	1,17E-10	18,576	13,932
93	9,926409936	0,004521452	2,81E-09	2,13E-09	15,72	11,79
94	9,921929119	0,00447325	-8,85E-10	-2,26E-09	108	81
95	9,921730601	0,004471119	4,63E-10	1,15E-09	103,136	77,352
96	9,92363531	0,004491612	9,75E-10	-6,90E-10	6,24	4,68

97	9,925535108	0,004512045	6,36E-10	1,22E-10	56,808	42,606
98	9,919601811	0,004448208	-1,06E-09	-6,21E-10	43,2	32,4
99	9,92009689	0,004453537	1,06E-09	4,41E-10	14,672	11,004
100	9,9205533	0,004458449	-2,11E-10	2,86E-10	69,12	51,84
101	9,919707442	0,004449345	-7,14E-10	-2,83E-12	105,456	79,092
102	9,845288513	0,003651543	9,19E-10	1,56E-10	63,168	47,376
103	9,844958497	0,003647962	1,44E-10	-5,14E-10	69,12	51,84
104	9,843996848	0,003680016	4,81E-12	3,62E-12	172,8	129,6
105	9,923326593	0,004488288	5,36E-10	-4,86E-10	108	81
106	9,84545525	0,003653351	-2,01E-09	-5,29E-10	48,832	36,624
107	9,845501309	0,003662129	4,08E-10	1,29E-10	33,68	25,26
108	9,845688712	0,003655883	-7,43E-10	-8,24E-10	19,344	14,508
109	10	-4,79E-17	0,008	0,006	0,008	0,006
110	9,924759671	0,004503704	-5,67E-10	9,96E-10	69,12	51,84
111	9,921552006	0,004469192	-1,75E-10	-2,26E-09	108	81
112	9,926356591	0,004520878	1,04E-09	7,25E-11	33,96	25,47
113	9,92105336	0,004463825	-1,75E-10	-8,42E-10	108	81
114	9,921298538	0,004466464	1,33E-09	8,18E-10	23,952	17,964
115	9,924351672	0,004499318	1,35E-09	1,19E-09	56,808	42,606
116	9,922990628	0,004484677	-1,37E-09	-1,21E-09	0,008	0,006
117	9,853649764	0,00374186	7,59E-10	-3,19E-10	0,008	0,006
118	9,903365132	0,004275645	0,00E+00	-3,55E-10	0	0
119	9,959432662	0,002482687	-3,07E-10	3,65E-11	0,008	0,006
120	9,903284544	0,004278316	1,63E-10	1,23E-10	70,76	53,07
121	9,892849672	0,004163155	1,20E-09	2,36E-10	219,032	164,274
122	9,997847157	0,000131152	-5,81E-09	5,87E-11	0,008	0,006
123	9,901928141	0,004260151	-1,29E-09	-2,04E-09	43,864	32,898
124	9,840820457	0,004296076	1,55E-09	-9,69E-10	43,864	32,898
125	9,901866743	0,004259489	1,29E-10	-6,14E-10	43,864	32,898
126	9,901866743	0,004259489	-1,29E-09	9,65E-11	43,864	32,898
127	9,840774123	0,004295573	-1,29E-09	-6,14E-10	43,864	32,898
128	9,847078214	0,004363943	-5,67E-10	-6,91E-10	69,12	51,84
129	9,842132357	0,00452877	-1,24E-09	-4,22E-11	108	81
130	9,841333871	0,004520107	2,52E-09	2,43E-09	55,248	41,436
131	9,840571643	0,004531591	1,14E-10	7,96E-10	93,784	70,338
132	9,840139531	0,004507148	-8,85E-10	4,67E-11	108	81
133	9,842841778	0,004618114	-2,11E-10	1,52E-10	69,12	51,84
134	9,845127714	0,004342793	6,54E-09	2,06E-09	69,12	51,84
135	9,839346018	0,004518293	-3,07E-10	5,69E-10	0,008	0,006
136	9,850312632	0,004654017	2,59E-10	-7,22E-11	75,16	56,37
137	9,84304945	0,004320257	-4,31E-09	1,25E-09	7,328	5,496
138	9,837619604	0,004792221	-1,75E-10	-5,75E-10	108	81
139	9,839980675	0,004505424	4,33E-10	-1,19E-10	31,112	23,334
140	9,844282372	0,004457096	3,93E-10	2,80E-11	48,584	36,438
141	9,838688398	0,004511156	-4,05E-10	1,03E-09	136,08	102,06
142	9,836778855	0,004783095	-1,70E-10	-1,27E-10	280,8	210,6
143	9,85256968	0,004798683	1,18E-10	-7,11E-10	93,96	70,47
144	9,841238745	0,004300614	-6,99E-10	8,91E-12	17,656	13,242
145	9,841266719	0,004300918	1,91E-09	1,33E-11	84,376	63,282
146	9,838516444	0,00450929	4,29E-12	1,81E-10	33,672	25,254
147	9,855256516	0,004947931	3,03E-09	2,05E-09	73,336	55,002
148	9,841536151	0,004303841	2,66E-09	2,08E-09	45,04	33,78
149	9,85518361	0,004947141	8,55E-10	-1,85E-09	69,12	51,84
150	9,845921493	0,004351402	-5,30E-10	2,00E-09	108	81



151	9,845451794	0,004346308	2,96E-10	8,44E-10	90,248	67,686
152	9,841685354	0,004543674	-8,05E-10	1,95E-10	53,648	40,236
153	9,846891956	0,004483204	-1,28E-09	6,41E-10	69,12	51,84
154	9,844435552	0,00433529	-7,06E-10	-3,52E-10	172,8	129,6
155	9,848620226	0,004529289	-6,05E-10	-9,88E-11	49,472	37,104
156	9,840898808	0,004515387	-8,85E-10	-8,42E-10	108	81
157	9,902572819	0,004267103	7,59E-10	-1,41E-10	0,008	0,006
158	9,96813292	0,002263019	-4,58E-10	-5,43E-10	2,336	1,752
159	9,888547364	0,00225699	7,61E-11	3,01E-10	0,904	0,678
160	9,966434942	0,002244832	-2,65E-10	9,12E-10	46,576	34,932
161	9,963832543	0,002216952	1,07E-09	3,62E-12	172,8	129,6
162	9,93981628	0,002249029	1,50E-10	-6,51E-11	9,144	6,858
163	9,964596243	0,002225132	2,06E-10	-1,89E-09	113,616	85,212
164	9,964573635	0,002224889	4,11E-10	8,41E-10	14,448	10,836
165	9,963247462	0,002210684	-1,98E-09	-5,95E-10	33,112	24,834
166	9,922082975	0,002233397	5,34E-10	4,90E-10	136,936	102,702
167	10	0,00E+00	0,008	0,006	0,008	0,006
168	9,963764713	0,002216225	-8,12E-11	1,17E-10	18,576	13,932
169	9,962753397	0,002205389	-1,40E-09	9,07E-10	69,568	52,176
170	9,939683786	0,002253403	9,64E-11	1,17E-10	18,576	13,932
171	9,965712157	0,002237089	-1,05E-10	-4,34E-10	24,184	18,138
172	9,887605045	0,002246814	-7,78E-11	3,05E-11	90,888	68,166
173	9,962565584	0,002203376	-8,85E-10	-8,42E-10	108	81
174	9,909239432	0,002235378	-9,39E-11	-3,37E-10	64,112	48,084
175	9,887960391	0,002250652	1,29E-10	4,52E-10	43,864	32,898
176	9,887891114	0,002249904	-1,75E-10	-1,31E-10	108	81
177	9,897065588	0,002235522	4,81E-12	3,59E-10	172,8	129,6
178	9,888098731	0,002252146	1,47E-09	-4,96E-10	0,008	0,006
179	9,888174961	0,002252969	-1,28E-09	-1,14E-09	69,12	51,84
180	9,897549571	0,002240744	4,86E-11	2,43E-09	72,904	54,678
181	9,965066382	0,002230174	-8,87E-10	1,38E-09	46,912	35,184
182	9,964597898	0,002225154	-5,30E-10	5,80E-10	108	81
183	9,940049941	0,002241315	1,48E-09	8,51E-11	56,8	42,6
184	9,965152891	0,002231097	-9,82E-10	-7,36E-10	76,768	57,576
185	9,963833652	0,002216966	1,32E-09	3,71E-10	72,88	54,66
186	9,934791305	0,002239	-1,02E-09	-1,41E-10	0,008	0,006
187	9,965064365	0,002230148	-1,56E-10	6,08E-11	149,04	111,78
188	9,987736352	0,000851891	7,11E-10	-7,11E-10	0	0
189	9,987929689	0,000853958	-7,11E-10	4,44E-11	0	0
190	9,965940703	0,002239535	5,31E-12	3,56E-09	117,032	87,774
191	9,966375405	0,002244193	6,29E-10	-2,39E-10	18,576	13,932
192	9,987715729	0,00085167	6,29E-10	-1,66E-09	18,576	13,932
193	9,843038006	0,004320133	6,29E-10	1,18E-09	18,576	13,932
194	9,845119542	0,004342704	-2,21E-09	1,18E-09	18,576	13,932
195	9,98751079	0,000849479	6,29E-10	4,72E-10	18,576	13,932
196	9,966001738	0,002240189	2,89E-09	-1,92E-09	0,008	0,006
197	9,987543013	0,000849824	6,29E-10	-5,94E-10	18,576	13,932
198	9,966388321	0,002244331	-2,49E-09	2,22E-09	0	0
199	9,902710973	0,004268592	4,26E-09	-7,11E-10	0	0
200	9,902694723	0,004268417	-5,53E-09	-1,31E-09	46,44	34,83

NodOrigen	NodDestino	Pérdidas (kW)	Pérdidas (kVAr)	Resistencia	Reactancia	Calibre	Jeconomica
67	65	0,153059518	0,142555434	0,01836	0,0171	2	0,182820418
65	69	0,107485259	0,10010882	0,01785	0,016625	2	0,155389356
69	58	0,075882507	0,070674883	0,014994	0,013965	2	0,142459570,011840047
67	84	0,000285711	0,000266103	0,00816	0,0076	2	0,004736022
67	92	0,000131427	0,000122408	0,02346	0,02185	2	0,017655382
59	57	0,00023779	0,00022147	0,00306	0,00285	2	0,097748841
64	70	0,047384625	0,044132739	0,01989	0,018525	2	0,119380373
68	64	0,030810017	0,028695604	0,00867	0,008075	2	0,131135010,031372549
58	68	0,02536817	0,023627217	0,005916	0,00551	2	0,058954430,017657413
62	60	0,007508379	0,006993099	0,0306	0,0285	2	0,033777775
70	62	0,005480005	0,005103925	0,006324	0,00589	2	0,222592814
60	59	0,00095138	0,000886091	0,01224	0,0114	2	0,016167662
66	63	0,00357761	0,003332088	0,012546	0,011685	2	0,017218704
66	67	0,297563276	0,277142266	0,024072	0,02242	2	0,025736108
63	61	0,001099501	0,001024046	0,01683	0,015675	2	0,037252175
1	16	0,001855486	0,001728149	0,02448	0,0228	2	0,017216713
6	5	0,001865837	0,001737789	0,01122	0,01045	2	0,014915233
2	6	0,005046275	0,004699962	0,014484	0,01349	2	0,025332130,025334064
16	17	0,002473409	0,002303665	0,03264	0,0304	2	0,006619635
1	13	0,00026108	0,000243165	0,00459	0,004275	2	0,004702427
8	7	0,004272144	0,003978958	0,02652	0,0247	2	0,089979313
2	8	0,000657356	0,000612245	0,00408	0,0038	2	0,278706682
7	18	6,73211E-05	6,27011E-05	0,00612	0,0057	2	0,273979637
85	90	0,000147516	0,000137392	0,02652	0,0247	2	0,185647885
9	2	0,061160586	0,056963291	0,03009	0,028025	2	0,095902013
87	88	0,435041726	0,405185921	0,02244	0,0209	2	0,068480590,041050678
88	66	0,563705612	0,525019933	0,03009	0,028025	2	0,017559006
19	50	0,21156035	0,197041502	0,02448	0,0228	2	0,021964337
50	51	0,04468947	0,041622546	0,01938	0,01805	2	0,062331495
51	55	0,03837331	0,035739847	0,03264	0,0304	2	0,06227666
55	26	0,011202809	0,010433989	0,02652	0,0247	2	
26	30	0,002207261	0,002055781	0,02856	0,0266	2	
46	39	0,003058114	0,002848244	0,0255	0,02375	2	
50	53	0,014905139	0,013882237	0,0153	0,01425	2	
53	23	0,019838561	0,018477092	0,0204	0,019	2	

23	28	0,013301332	0,012388495	0,02652	0,0247	2	0,04472606
28	33	0,005947742	0,005539564	0,03213	0,029925	2	0,02717258
20	46	0,014363883	0,013378127	0,02346	0,02185	2	0,04962766 9
19	43	0,008077035	0,007522729	0,00408	0,0038	2	0,08884262 3
43	24	0,070674081	0,065823899	0,0357	0,03325	2	0,08884265 6
24	34	0,045515405	0,042391799	0,0357	0,03325	2	0,07129991
34	37	0,004233097	0,00394259	0,02244	0,0209	2	0,02742759 6
37	40	0,005482972	0,00510669	0,02907	0,027075	2	0,02742556 1
47	42	0,00094854	0,000883443	0,02244	0,0209	2	0,01304034 4
49	47	0,005458292	0,005083703	0,0204	0,019	2	0,03280806 8
32	19	0,353863182	0,329578454	0,01836	0,0171	2	0,27723025 9
27	35	0,00480316	0,004473532	0,0255	0,02375	2	0,02738869 9
48	44	0,002323706	0,002164236	0,01224	0,0114	2	0,02760478 4
54	22	0,010893073	0,010145509	0,02142	0,01995	2	0,04500170 4
22	27	0,003673692	0,003421577	0,01938	0,01805	2	0,02747593 4
32	54	0,009132491	0,00850575	0,01224	0,0114	2	0,05450777 1
20	49	0,031690747	0,029515893	0,0102	0,0095	2	0,11180156 1
36	31	0,002305785	0,002147545	0,02958	0,02755	2	0,01771026 8
41	36	0,005883513	0,005479742	0,01887	0,017575	2	0,03541924 8
45	41	0,004675158	0,004354311	0,00714	0,00665	2	0,05132717 2
49	45	0,015820036	0,014734347	0,0102	0,0095	2	0,07899349 3
48	20	1,382023431	1,287178686	0,03774	0,03515	2	0,38402201 1
29	38	1,494221478	1,391676867	0,03264	0,0304	2	0,42929495 4
38	48	1,120655425	1,0437477	0,02448	0,0228	2	0,42929291 5
21	52	0,811597329	0,755899473	0,01122	0,01045	2	0,53922373
25	29	0,892105139	0,830882238	0,0153	0,01425	2	0,48431477 1
52	25	1,827060873	1,701674343	0,02805	0,026125	2	0,51179651 6
32	21	1,035903802	0,964812365	0,01224	0,0114	2	0,58307062 9
20	71	0,66392967	0,618365869	0,05406	0,05035	2	0,22247812 5
71	73	0,001122119	0,00104511	0,00612	0,0057	2	0,02717811 9
71	75	0,011664325	0,010863831	0,0153	0,01425	2	0,05542511 5
80	74	0,000715379	0,000666285	0,02346	0,02185	2	0,01108493
75	80	0,011274679	0,010500926	0,01479	0,013775	2	0,05542306 5
71	72	0,08635242	0,080426274	0,02754	0,02565	2	0,11243056 6
72	79	0,006157414	0,005734846	0,0204	0,019	2	0,03487946 5
72	76	0,025121573	0,023397544	0,02142	0,01995	2	0,06876590

							4
76	77	0,011711774	0,010908025	0,01428	0,0133	2	0,057506479
78	82	0,013969308	0,01301063	0,06732	0,0627	2	0,028927812
79	81	0,000115053	0,000107157	0,0204	0,019	2	0,004767843
77	78	0,00342656	0,003191403	0,00612	0,0057	2	0,047515003
82	89	1,19277E-05	1,11088E-05	0,033762	0,031445	2	0,001193633
114	113	0,00245525	0,002286752	0,01326	0,01235	2	0,026923821
111	114	0,003101168	0,002888343	0,01122	0,01045	2	0,03289461
93	112	0,000167888	0,000156366	0,00918	0,00855	2	0,008457047
105	94	0,045085025	0,041990954	0,02346	0,02185	2	0,086734772
94	111	0,008390234	0,007814435	0,00918	0,00855	2	0,059815711
93	110	0,080335128	0,074821934	0,01836	0,0171	2	0,13086461
110	105	0,060581305	0,056423765	0,01836	0,0171	2	0,113646247
106	102	0,000984122	0,000916583	0,0153	0,01425	2	0,015990737
83	106	0,003712492	0,003457713	0,01836	0,0171	2	0,028351958
115	96	0,022706707	0,021148404	0,01224	0,0114	2	0,085225251
95	100	0,025377547	0,02363595	0,02958	0,02755	2	0,057960742
100	99	0,006912946	0,006438528	0,01632	0,0152	2	0,040727768
99	101	0,00536885	0,0050004	0,0153	0,01425	2	0,03706941
101	98	0,000423182	0,00039414	0,01428	0,0133	2	0,010772679
116	95	0,039209692	0,036518831	0,02193	0,020425	2	0,083668469
96	116	0,020061728	0,018684943	0,01122	0,01045	2	0,083670456
93	97	0,036942149	0,034406902	0,01122	0,01045	2	0,113526898
97	115	0,043743236	0,040741249	0,01734	0,01615	2	0,099377758
141	146	0,000541374	0,00050422	0,02958	0,02755	2	0,008535682
135	141	0,010437615	0,009721308	0,02244	0,0209	2	0,043030045
152	131	0,027441388	0,025558155	0,02448	0,0228	2	0,066795895
131	135	0,019453752	0,018118691	0,04182	0,03895	2	0,04303207
148	56	0,003035489	0,002827171	0,01938	0,01805	2	0,024964532
56	124	0,003166475	0,002949168	0,0255	0,02375	2	0,022228283
123	126	0,000250202	0,000233031	0,00816	0,0076	2	0,010977429
124	127	0,000189988	0,000176951	0,00612	0,0057	2	0,011114098
118	199	0,010819824	0,010077287	0,02142	0,01995	2	0,044554485
199	200	7,0105E-05	6,52904E-05	0,00204	0,0019	2	0,011620768
199	157	0,001689068	0,00157315	0,00612	0,0057	2	0,032934276
157	123	0,007881361	0,007340484	0,02856	0,0266	2	0,03293228

							1
198	191	2,21462E-05	2,06271E-05	0,00408	0,0038	2	0,00458875 7
198	196	0,004176436	0,003889818	0,01938	0,01805	2	0,02891519 2
158	198	0,021838962	0,02034021	0,07548	0,0703	2	0,03350406 3
196	190	0,00065935	0,000614097	0,00306	0,00285	2	0,02891332 0,10492415 6
158	160	0,066559173	0,061991387	0,02346	0,02185	2	0,04280241 5
160	171	0,011557914	0,010764724	0,02448	0,0228	2	0,03682738 5
171	187	0,008912625	0,008300975	0,0255	0,02375	2	0,01100837 5
178	175	0,000564541	0,000525798	0,01836	0,0171	2	0,05061609 5
160	184	0,024242693	0,022578978	0,03672	0,0342	2	0,03164726 4
184	163	0,006581049	0,006129408	0,0255	0,02375	2	0,00357045 4
163	164	3,01554E-05	2,80856E-05	0,00918	0,00855	2	0,02281143 5
178	172	0,00417458	0,003888089	0,03162	0,02945	2	0,03382181 7
159	178	0,005624753	0,00523874	0,01938	0,01805	2	0,15567681 8
158	181	0,178323929	0,166086012	0,02856	0,0266	2	0,07009572 0,05208281 9
181	185	0,032275159	0,030060196	0,0255	0,02375	2	0,04389793 9
185	165	0,011403277	0,010620699	0,01632	0,0152	2	0,02669989 7
165	169	0,008100665	0,007544739	0,01632	0,0152	2	0,04445071 5
169	173	0,001872946	0,00174441	0,0102	0,0095	2	0,02710471 0,00459126 7
159	179	0,006136482	0,005715352	0,01224	0,0114	2	0,04730025 8
179	176	0,002852014	0,002656287	0,0153	0,01425	2	0,07398926 7
161	168	0,000116331	0,000108348	0,02142	0,01995	2	0,04328716 0,06261697 9
182	161	0,013522927	0,012594883	0,02346	0,02185	2	0,07661404 1
181	182	0,012948519	0,012059898	0,00918	0,00855	2	0,03525279 1
180	177	0,007773466	0,007239994	0,01632	0,0152	2	0,00788437 8
130	156	0,010050273	0,009360549	0,0102	0,0095	2	0,15116804 9
129	130	0,022569185	0,021020319	0,0153	0,01425	2	0,17060070 9
156	132	0,009874422	0,009196766	0,03162	0,02945	2	0,13681442 7
132	139	0,000462046	0,000430337	0,02958	0,02755	2	0,01746234 7
143	136	0,143874522	0,13400078	0,02652	0,0247	2	0,07120649 1
147	143	0,189439653	0,176438892	0,02652	0,0247	2	0,18491891 3
136	155	0,099827143	0,092976261	0,02346	0,02185	2	0,00447318
147	149	0,000470381	0,000438098	0,00612	0,0057	2	
138	142	0,022077887	0,020562738	0,01734	0,01615	2	
128	150	0,078937999	0,073520685	0,00918	0,00855	2	
145	144	4,61682E-05	4,29999E-05	0,00918	0,00855	2	

							1
148	145	0,002569703	0,002393349	0,0153	0,01425	2	0,025850165
151	134	0,002655563	0,002473318	0,02142	0,01995	2	0,022200646
134	194	1,41881E-05	1,32133E-05	0,00255	0,002375	2	0,004703712
150	151	0,007809461	0,007273517	0,0153	0,01425	2	0,045045827
189	188	0,000992375	0,000924271	0,0204	0,019	2	0,0137082
188	197	0,000661592	0,000616189	0,0306	0,0285	2	0,009138916
197	195	5,51339E-05	5,13502E-05	0,0102	0,0095	2	0,004569559
188	192	3,52827E-05	3,28612E-05	0,006528	0,00608	2	0,004569176
137	148	0,03474192	0,03235767	0,0357	0,03325	2	0,062225087
154	137	0,035177383	0,032763249	0,02958	0,02755	2	0,06878558
137	193	1,98611E-05	1,85054E-05	0,00357	0,003325	2	0,004703173
150	154	0,061705001	0,057470344	0,01938	0,01805	2	0,11253682
117	83	2,966525221	2,762940156	0,01122	0,01045	2	1,028731332
123	125	0,000250202	0,000233032	0,00816	0,0076	2	0,010977429
201	91	7,843125648	7,304871927	0,108528	0,10108	2	0,536672487
91	1	6,75871353	6,294880249	0,095166	0,088635	2	0,532078896
91	86	6,14563E-05	2,0804E-05	0,011308	0,003828	1	0,01157629
1	12	1,770386721	0,599313793	0,02827	0,00957	1	1,259673483
3	11	3,539956513	1,198351038	0,05911	0,02001	1	1,232106704
11	14	5,15244117	1,744211602	0,09252	0,03132	1	1,188459896
14	10	6,079266522	2,057961819	0,116935	0,039585	1	1,148494726
12	3	2,385642544	0,807591055	0,039835	0,013485	1	1,232111736
10	85	0,005950679	0,002014432	0,03084	0,01044	1	0,06978214
10	9	1,651510462	0,559071635	0,04112	0,01392	1	1,009835936
9	87	1,932384384	0,654153469	0,096375	0,032625	1	0,71413147
83	32	2,505695262	2,333735782	0,01173	0,010925	2	0,92502656
201	122	1,764648124	0,164354482	0,00357	0,0003325	3	0,701321421
119	93	27,12500792	2,526348777	0,054876	0,005111	3	0,701319452
122	119	31,51148397	2,934893115	0,06375	0,0059375	3	0,701320415
118	120	0,000717526	0,000242898	0,008995	0,003045	1	0,044605649
93	118	9,72138606	9,054232115	0,02958	0,02755	2	1,145898346
118	121	4,192957122	3,905205163	0,01428	0,0133	2	1,08364505
121	117	14,83268466	13,81475532	0,0561	0,05225	2	1,028733401
103	104	0,021035198	0,007120865	0,04369	0,01479	1	0,110245802
83	103	0,019249816	0,017928749	0,0204	0,019	2	0,061253783
108	107	0,000798859	0,000270431	0,04369	0,01479	1	0,021481135

83	108	0,000600934	0,000559693	0,01326	0,01235	2	0,013422065
140	152	0,104320802	0,035314824	0,06425	0,02175	1	0,202542779
189	158	11,46108638	1,067454124	0,051	0,00475	3	0,476893991
158	183	6,678364186	6,220045076	0,06324	0,0589	2	0,661330488
183	186	1,209826359	1,126799059	0,01224	0,0114	2	0,640578153
186	166	2,92372841	2,723080382	0,02958	0,02755	2	0,640576189
166	174	2,793564318	2,60184912	0,03162	0,02945	2	0,606865413
174	180	2,473884484	2,304108098	0,02958	0,02755	2	0,591057616
180	159	1,702339147	1,58551195	0,0255	0,02375	2	0,530450198
162	170	0,000308557	0,000104453	0,05654	0,01914	1	0,011624346
183	162	0,000812015	0,000274884	0,06682	0,02262	1	0,017346244
159	128	9,631359724	3,260421385	0,20046	0,06786	1	1,142758038
128	140	0,274770431	0,093015671	0,02827	0,00957	1	0,495504491
140	129	0,111718116	0,037818973	0,04112	0,01392	1	0,261967066
128	153	0,041130768	0,013923645	0,03084	0,01044	1	0,599069114
155	153	0,10133008	0,034302401	0,02827	0,00957	1	0,32309986
133	138	0,257195332	0,087066124	0,10537	0,03567	1	0,248405424
153	133	0,234904885	0,079520331	0,06939	0,02349	1	0,292514069
201	189	7,080046614	0,659416106	0,0306	0,00285	3	0,483714005
202	147	0,314860194	0,029325214	0,0306	0,00285	3	0,100991454

Solución 13						
Nodo	Tensión (kV)	Ángulo	Pgenerada (kW)	Qgenerada (kVAr)	Pload (kW)	Qload (kVAr)
201	10	0	11447,7985	8934,769753	0	0
202	9,856389177	0,00478631	950	312,2499	0	0
1	9,925912529	-0,000811255	1,69E-09	4,88E-09	0	0
2	9,83572557	0,002087273	1,81E-10	-1,31E-10	108	81
3	9,909022668	-0,000257349	-4,84E-10	-1,41E-10	0,008	0,006
4	10	-1,75E-17	0,008	0,006	0,008	0,006
5	9,835161603	0,002081151	-1,07E-10	4,53E-10	101,464	76,098
6	9,835358209	0,002083285	-1,19E-09	-7,69E-12	45,4	34,05
7	9,835197824	0,002081544	1,04E-09	-2,22E-11	73,768	55,326
8	9,835655199	0,002086509	-1,73E-09	2,14E-10	0,008	0,006
9	9,837568932	0,002107281	-3,52E-10	-3,53E-10	108	81
10	9,845836227	0,00183192	9,80E-10	-8,66E-11	108	81
11	9,894502096	0,000220407	1,44E-10	1,92E-11	69,12	51,84
12	9,918809584	-0,000578527	1,29E-10	-4,36E-10	43,864	32,898
13	9,92586549	-0,000811761	1,70E-10	-1,65E-09	59,888	44,916
14	9,872589009	0,000944021	2,13E-10	-3,99E-11	63,008	47,256
15	10	-1,07E-17	0,008	0,006	0,008	0,006
16	9,925622929	-0,00081437	-6,62E-10	-3,19E-10	0,008	0,006
17	9,925236841	-0,000818524	4,99E-10	1,08E-10	69,12	51,84

18	9,835170242	0,002081244	-5,64E-10	6,43E-10	26,096	19,572
19	9,834979421	0,003539978	-1,86E-09	5,53E-09	10,8	8,1
20	9,788334533	0,003033832	3,97E-09	1,69E-09	0,448	0,336
21	9,833604198	0,003525246	7,15E-10	3,20E-09	172,8	129,6
22	9,837332287	0,003565496	-2,11E-10	1,35E-09	69,12	51,84
23	9,830373739	0,003489976	1,44E-10	2,86E-10	69,12	51,84
24	9,832574365	0,00351387	4,99E-10	6,41E-10	69,12	51,84
25	9,819775561	0,003375552	1,60E-09	-1,31E-10	108	81
26	9,82836112	0,003468115	3,60E-10	5,37E-10	92,48	69,36
27	9,836969717	0,003561561	3,14E-10	-3,86E-10	0,344	0,258
28	9,829566694	0,00348121	1,21E-09	2,86E-10	69,12	51,84
29	9,814755234	0,003321116	-1,42E-09	-4,40E-10	216	162
30	9,828019951	0,003464408	1,44E-10	-6,96E-11	69,12	51,84
31	9,785960241	0,00300793	1,44E-10	2,86E-10	69,12	51,84
32	9,838442963	0,003577551	-9,36E-11	1,53E-09	40,32	30,24
33	9,828972683	0,003474757	-3,10E-10	3,89E-10	106,984	80,238
34	9,830842249	0,003495059	-1,06E-09	3,62E-12	172,8	129,6
35	9,836494166	0,003556399	5,36E-10	5,80E-10	108	81
36	9,786315113	0,003011802	1,44E-10	-6,96E-11	69,12	51,84
37	9,830423451	0,003490511	7,59E-10	5,69E-10	0,008	0,006
38	9,805265392	0,003218101	-1,29E-10	-1,41E-10	0,008	0,006
39	9,787166285	0,003021087	2,79E-10	3,15E-11	85,744	64,308
40	9,829880959	0,003484618	1,81E-10	2,24E-10	108	81
41	9,786767872	0,003016742	-2,04E-09	-4,67E-10	62,096	46,572
42	9,786910306	0,003018295	2,81E-10	5,66E-10	50,904	38,178
43	9,834732749	0,0035373	1,60E-09	-3,55E-10	0	0
44	9,79791895	0,003138212	5,36E-10	-1,31E-10	108	81
45	9,787016134	0,00301945	2,67E-09	1,29E-09	108	81
46	9,787545739	0,003025227	5,36E-10	9,35E-10	108	81
47	9,787108551	0,003020458	1,09E-09	7,32E-10	77,168	57,876
48	9,798148113	0,00314071	-1,99E-09	-6,03E-10	69,12	51,84
49	9,787561977	0,003025405	-4,62E-09	1,07E-09	0	0
50	9,831887077	0,003506411	-5,30E-10	-4,86E-10	108	81
51	9,830622505	0,003492678	-1,75E-10	-4,86E-10	108	81
52	9,829503571	0,003480895	1,25E-09	1,29E-09	108	81
53	9,831238177	0,003499364	6,02E-10	4,52E-10	0,216	0,162
54	9,837988656	0,00357262	1,57E-09	1,27E-09	37,496	28,122
55	9,829101771	0,003476161	-1,75E-10	1,11E-09	108	81
56	9,853020377	0,004853248	1,69E-09	9,11E-10	10,8	8,1
57	9,801155806	0,002317095	-3,41E-09	-4,25E-10	69,12	51,84
58	9,804791246	0,002356691	-1,07E-09	-2,71E-10	44,368	33,276
59	9,80119246	0,002317495	-3,50E-09	-1,92E-09	0,008	0,006
60	9,801339093	0,002319092	-5,14E-10	8,58E-10	53,696	40,272
61	9,813564742	0,00245214	8,93E-10	7,59E-10	63,456	47,592
62	9,801990417	0,002326188	8,91E-10	-6,64E-10	108	81
63	9,813749585	0,002454152	-1,63E-09	6,41E-10	69,12	51,84
64	9,803562543	0,002343311	-2,12E-10	-1,59E-10	84,728	63,546
65	9,808122835	0,002392954	9,62E-10	-9,66E-10	107,544	80,658
66	9,814037466	0,002457284	-2,11E-10	4,63E-10	69,12	51,84
67	9,810400724	0,002417737	1,50E-10	2,90E-10	90,984	68,238
68	9,804264838	0,002350959	5,59E-09	2,81E-10	46,048	34,536
69	9,806240666	0,00237247	2,42E-09	3,97E-10	50,672	38,004
70	9,802243376	0,002328943	9,56E-10	-8,81E-10	151,912	113,934
71	9,780193767	0,002945043	-4,04E-09	-1,43E-10	106,984	80,238



72	9,778098287	0,002922168	-8,56E-10	-1,09E-10	34,232	25,674
73	9,780081162	0,002943814	8,30E-10	9,78E-10	105,944	79,458
74	9,778888818	0,002930795	7,12E-10	8,00E-10	43,2	32,4
75	9,779619732	0,002938776	7,59E-10	5,69E-10	0,008	0,006
76	9,777101513	0,002911284	4,84E-10	4,52E-10	43,864	32,898
77	9,776545814	0,002905215	2,06E-09	-5,67E-11	38,92	29,19
78	9,77634904	0,002903066	-1,59E-09	3,33E-09	72,4	54,3
79	9,777616697	0,002916909	-2,08E-11	6,06E-10	117,32	87,99
80	9,779064851	0,002932718	7,15E-10	3,62E-12	172,8	129,6
81	9,777550867	0,00291619	-4,36E-10	-2,39E-10	18,576	13,932
82	9,775031321	0,002888673	3,01E-12	-4,22E-11	108	81
83	9,845810008	0,003657199	2,08E-09	-2,88E-09	2,68	2,01
84	9,810335113	0,002417023	1,52E-10	-5,96E-10	46,44	34,83
85	9,845406501	0,001846243	-7,73E-10	-2,25E-10	90,832	68,124
86	9,960338376	-0,000431584	2,05E-09	1,17E-10	18,576	13,932
87	9,823879507	0,002564181	-8,12E-11	-3,72E-10	18,576	13,932
88	9,819633824	0,002518093	9,85E-10	4,72E-10	18,576	13,932
89	9,775004053	0,002888376	1,82E-10	2,25E-10	4,648	3,486
90	9,845321511	0,001845321	-4,36E-10	1,17E-10	18,576	13,932
91	9,96036482	-0,000432456	7,11E-10	8,88E-11	0	0
92	9,810325272	0,002416916	2,74E-10	1,17E-10	18,576	13,932
93	9,926409936	0,004521452	6,72E-09	7,24E-09	15,72	11,79
94	9,921929119	0,00447325	-8,85E-10	-4,86E-10	108	81
95	9,921730601	0,004471119	-6,03E-10	-9,85E-10	103,136	77,352
96	9,92363531	0,004491612	-1,16E-09	2,09E-11	6,24	4,68
97	9,925535108	0,004512045	6,36E-10	1,19E-09	56,808	42,606
98	9,919601811	0,004448208	1,07E-09	8,00E-10	43,2	32,4
99	9,92009689	0,004453537	-3,60E-10	7,96E-10	14,672	11,004
100	9,9205533	0,004458449	-2,11E-10	6,41E-10	69,12	51,84
101	9,919707442	0,004449345	-3,77E-12	1,42E-09	105,456	79,092
102	9,845288513	0,003651543	2,09E-10	5,12E-10	63,168	47,376
103	9,844958497	0,003647962	4,99E-10	1,97E-10	69,12	51,84
104	9,843996848	0,003680016	4,81E-12	3,62E-12	172,8	129,6
105	9,923326593	0,004488288	-5,30E-10	-4,86E-10	108	81
106	9,84545525	0,003653351	-5,87E-10	1,25E-09	48,832	36,624
107	9,845501309	0,003662129	-3,02E-10	3,97E-11	33,68	25,26
108	9,845688712	0,003655883	1,39E-09	-7,35E-10	19,344	14,508
109	10	-1,96E-17	0,008	0,006	0,008	0,006
110	9,924759671	0,004503704	-2,11E-10	2,86E-10	69,12	51,84
111	9,921552006	0,004469192	-1,75E-10	-8,42E-10	108	81
112	9,926356591	0,004520878	1,75E-09	7,83E-10	33,96	25,47
113	9,92105336	0,004463825	-1,75E-10	-1,55E-09	108	81
114	9,921298538	0,004466464	1,33E-09	-6,03E-10	23,952	17,964
115	9,924351672	0,004499318	1,70E-09	1,19E-09	56,808	42,606
116	9,922990628	0,004484677	-1,37E-09	-2,27E-09	0,008	0,006
117	9,853649764	0,00374186	-3,07E-10	1,64E-09	0,008	0,006
118	9,903365132	0,004275645	1,78E-09	2,13E-09	0	0
119	9,959432662	0,002482687	4,04E-10	3,65E-11	0,008	0,006
120	9,903284544	0,004278316	-1,26E-09	-5,88E-10	70,76	53,07
121	9,892849672	0,004163155	6,69E-10	-2,97E-10	219,032	164,274
122	9,997847157	0,000131152	-4,21E-09	-9,68E-11	0,008	0,006
123	9,901928141	0,004260151	-1,65E-09	-3,46E-09	43,864	32,898
124	9,852634721	0,004849068	-5,82E-10	-1,68E-09	43,864	32,898
125	9,901866743	0,004259489	1,29E-10	9,65E-11	43,864	32,898

126	9,901866743	0,004259489	1,29E-10	-6,14E-10	43,864	32,898
127	9,852588442	0,004848566	1,55E-09	-6,14E-10	43,864	32,898
128	9,847073637	0,004363303	8,55E-10	5,30E-10	69,12	51,84
129	9,842127778	0,00452813	-1,75E-10	8,46E-10	108	81
130	9,841329291	0,004519467	-1,03E-09	-6,13E-11	55,248	41,436
131	9,840567062	0,004530952	-4,19E-10	-9,19E-11	93,784	70,338
132	9,840134951	0,004506508	-1,75E-10	-1,31E-10	108	81
133	9,839530914	0,004614588	1,44E-10	1,08E-10	69,12	51,84
134	9,846279365	0,004396337	-3,05E-09	-4,33E-09	69,12	51,84
135	9,839341437	0,004517653	7,59E-10	3,92E-10	0,008	0,006
136	9,841020093	0,004509262	1,32E-09	6,38E-10	75,16	56,37
137	9,850366806	0,004662701	2,08E-09	-1,95E-09	7,328	5,496
138	9,834306982	0,004788812	-3,52E-10	2,26E-12	108	81
139	9,839976094	0,004504784	4,33E-10	2,36E-10	31,112	23,334
140	9,844277794	0,004456457	-8,51E-10	-6,08E-11	48,584	36,438
141	9,838683817	0,004510516	-1,12E-09	1,38E-09	136,08	102,06
142	9,833465949	0,00477968	-5,25E-10	-4,83E-10	280,8	210,6
143	9,839937787	0,004497518	1,18E-10	1,07E-09	93,96	70,47
144	9,853052507	0,004853596	7,22E-10	8,91E-12	17,656	13,242
145	9,853080448	0,004853898	1,91E-09	1,08E-09	84,376	63,282
146	9,838511863	0,00450865	3,60E-10	-1,74E-10	33,672	25,254
147	9,83928561	0,004490441	1,87E-10	-9,25E-10	73,336	55,002
148	9,853349557	0,004856815	7,03E-10	1,90E-09	45,04	33,78
149	9,839212586	0,004489649	8,55E-10	-4,25E-10	69,12	51,84
150	9,847073305	0,004404944	-2,31E-09	-1,31E-10	108	81
151	9,846603406	0,004399851	2,96E-10	4,88E-10	90,248	67,686
152	9,841680774	0,004543034	4,38E-10	4,62E-10	53,648	40,236
153	9,843582457	0,004479587	-1,28E-09	-1,58E-10	69,12	51,84
154	9,848027788	0,00450321	4,81E-12	3,59E-10	172,8	129,6
155	9,84228185	0,004522949	1,05E-10	7,88E-11	49,472	37,104
156	9,840894228	0,004514747	-1,24E-09	-1,02E-09	108	81
157	9,902572819	0,004267103	-2,44E-09	-8,52E-10	0,008	0,006
158	9,968131905	0,002262958	-5,47E-10	-9,21E-10	2,336	1,752
159	9,888544981	0,00225657	2,12E-09	1,68E-10	0,904	0,678
160	9,966433926	0,002244771	-2,65E-10	1,09E-09	46,576	34,932
161	9,963831527	0,002216891	-3,50E-10	-1,42E-09	172,8	129,6
162	9,939814813	0,00224885	6,83E-10	-1,54E-10	9,144	6,858
163	9,964595227	0,00222507	-1,57E-09	-2,24E-09	113,616	85,212
164	9,964572619	0,002224828	-3,00E-10	8,41E-10	14,448	10,836
165	9,963246446	0,002210622	-5,57E-10	-5,95E-10	33,112	24,834
166	9,922081209	0,002233139	-1,76E-10	-3,99E-10	136,936	102,702
167	10	2,22E-17	0,008	0,006	0,008	0,006
168	9,963763697	0,002216164	2,74E-10	1,17E-10	18,576	13,932
169	9,962752381	0,002205327	-2,11E-09	1,96E-10	69,568	52,176
170	9,939682319	0,002253224	-8,12E-11	1,17E-10	18,576	13,932
171	9,965711142	0,002237027	-4,60E-10	-7,89E-10	24,184	18,138
172	9,887602661	0,002246394	2,77E-10	-3,25E-10	90,888	68,166
173	9,962564568	0,002203314	-1,75E-10	-1,31E-10	108	81
174	9,909237441	0,002235062	2,61E-10	3,74E-10	64,112	48,084
175	9,887958007	0,002250232	-2,27E-10	-6,14E-10	43,864	32,898
176	9,88788873	0,002249484	-8,85E-10	-4,86E-10	108	81
177	9,897063385	0,002235151	7,15E-10	3,62E-12	172,8	129,6
178	9,888096347	0,002251726	4,86E-11	-1,41E-10	0,008	0,006
179	9,888172577	0,002252549	1,44E-10	2,86E-10	69,12	51,84

180	9,897547369	0,002240372	4,86E-11	-5,24E-11	72,904	54,678
181	9,965065366	0,002230112	-8,87E-10	-3,99E-10	46,912	35,184
182	9,964596882	0,002225093	5,36E-10	-4,86E-10	108	81
183	9,940048474	0,002241136	-6,56E-10	-1,42E-09	56,8	42,6
184	9,965151875	0,002231035	-6,27E-10	6,85E-10	76,768	57,576
185	9,963832636	0,002216904	6,13E-10	-3,39E-10	72,88	54,66
186	9,93478975	0,002238798	1,47E-09	2,14E-10	0,008	0,006
187	9,965063349	0,002230086	-1,56E-10	6,08E-11	149,04	111,78
188	9,987735971	0,000851868	3,55E-10	2,13E-09	0	0
189	9,987929309	0,000853935	-7,11E-10	0,00E+00	0	0
190	9,965939687	0,002239474	5,31E-12	-2,13E-09	117,032	87,774
191	9,966374389	0,002244131	-2,21E-09	-1,66E-09	18,576	13,932
192	9,987715349	0,000851647	-2,21E-09	-2,39E-10	18,576	13,932
193	9,850355371	0,004662577	3,47E-09	-1,66E-09	18,576	13,932
194	9,846271193	0,004396249	6,31E-09	4,02E-09	18,576	13,932
195	9,987510409	0,000849456	-8,12E-11	-9,49E-10	18,576	13,932
196	9,966000722	0,002240128	-6,62E-10	1,28E-09	0,008	0,006
197	9,987542633	0,000849801	2,05E-09	-5,94E-10	18,576	13,932
198	9,966387306	0,00224427	-1,07E-09	-5,24E-09	0	0
199	9,902710973	0,004268592	3,55E-09	1,07E-09	0	0
200	9,902694723	0,004268417	5,84E-09	-1,31E-09	46,44	34,83

Solución 13							
NodOrigen	NodDestino	Pérdidas (kW)	Pérdidas (kVAr)	Resistencia	Reactancia	Calibre	Jeconomica
67	65	0,153059518	0,142555433	0,01836	0,0171	2	0,182820417
65	69	0,107485259	0,10010882	0,01785	0,016625	2	0,155389356
69	58	0,075882507	0,070674883	0,014994	0,013965	2	0,142459568
67	84	0,000285712	0,000266103	0,00816	0,0076	2	0,011840077
67	92	0,000131428	0,000122408	0,02346	0,02185	2	0,004736035
59	57	0,000237785	0,000221468	0,00306	0,00285	2	0,01765496
64	70	0,047384625	0,044132739	0,01989	0,018525	2	0,097748841
68	64	0,030810018	0,028695606	0,00867	0,008075	2	0,119380379
58	68	0,025368173	0,023627217	0,005916	0,00551	2	0,131135024
62	60	0,00750838	0,006993099	0,0306	0,0285	2	0,031372553
70	62	0,005480007	0,005103925	0,006324	0,00589	2	0,058954445
60	59	0,000951381	0,000886091	0,01224	0,0114	2	0,017657427
66	63	0,00357761	0,003332089	0,012546	0,011685	2	0,033777775
66	67	0,297563275	0,277142266	0,024072	0,02242	2	0,222592814
63	61	0,001099502	0,001024046	0,01683	0,015675	2	0,016167667
1	16	0,001855486	0,001728149	0,02448	0,0228	2	0,017218704
6	5	0,001865837	0,00173779	0,01122	0,01045	2	0,02573610

							8
2	6	0,005046275	0,004699962	0,014484	0,01349	2	0,037252175
16	17	0,002473409	0,002303665	0,03264	0,0304	2	0,017216713
1	13	0,00026108	0,000243165	0,00459	0,004275	2	0,014913241
8	7	0,004272144	0,003978958	0,02652	0,0247	2	0,025332127
2	8	0,000657356	0,000612245	0,00408	0,0038	2	0,025334064
7	18	6,73225E-05	6,27011E-05	0,00612	0,0057	2	0,006619774
85	90	0,000147515	0,000137392	0,02652	0,0247	2	0,004702405
9	2	0,061160586	0,05696329	0,03009	0,028025	2	0,089979313
87	88	0,435041726	0,405185922	0,02244	0,0209	2	0,278706682
88	66	0,563705612	0,525019933	0,03009	0,028025	2	0,273979638
19	50	0,21156035	0,197041503	0,02448	0,0228	2	0,185647885
50	51	0,04468947	0,041622546	0,01938	0,01805	2	0,095902013
51	55	0,03837331	0,035739847	0,03264	0,0304	2	0,06848059
55	26	0,011202809	0,010433989	0,02652	0,0247	2	0,041050678
26	30	0,002207261	0,002055782	0,02856	0,0266	2	0,017559006
46	39	0,003058115	0,002848244	0,0255	0,02375	2	0,021964342
50	53	0,014905139	0,013882237	0,0153	0,01425	2	0,062331495
53	23	0,019838562	0,018477092	0,0204	0,019	2	0,062276662
23	28	0,013301332	0,012388495	0,02652	0,0247	2	0,04472606
28	33	0,005947742	0,005539565	0,03213	0,029925	2	0,02717258
20	46	0,014363883	0,013378126	0,02346	0,02185	2	0,049627668
19	43	0,008077035	0,007522729	0,00408	0,0038	2	0,088842623
43	24	0,070674081	0,065823899	0,0357	0,03325	2	0,088842656
24	34	0,045515405	0,042391799	0,0357	0,03325	2	0,07129991
34	37	0,004233097	0,00394259	0,02244	0,0209	2	0,027427596
37	40	0,005482973	0,00510669	0,02907	0,027075	2	0,027425564
47	42	0,000948539	0,000883444	0,02244	0,0209	2	0,013040339
49	47	0,005458292	0,005083703	0,0204	0,019	2	0,032808068
32	19	0,353863182	0,329578454	0,01836	0,0171	2	0,277230258
27	35	0,00480316	0,004473532	0,0255	0,02375	2	0,027388699
48	44	0,002323706	0,002164236	0,01224	0,0114	2	0,027604784
54	22	0,010893073	0,01014551	0,02142	0,01995	2	0,045001705
22	27	0,003673692	0,003421576	0,01938	0,01805	2	0,027475928
32	54	0,00913249	0,008505751	0,01224	0,0114	2	0,054507767
20	49	0,031690745	0,029515893	0,0102	0,0095	2	0,11180155

							6
36	31	0,002305784	0,002147545	0,02958	0,02755	2	0,01771026 5
41	36	0,005883513	0,005479742	0,01887	0,017575	2	0,03541925 3
45	41	0,004675158	0,004354312	0,00714	0,00665	2	0,05132717 2
49	45	0,015820034	0,014734347	0,0102	0,0095	2	0,07899348 6
48	20	1,382023431	1,287178686	0,03774	0,03515	2	0,38402201 1
29	38	1,494221478	1,391676867	0,03264	0,0304	2	0,42929495 4
38	48	1,120655425	1,0437477	0,02448	0,0228	2	0,42929291 5
21	52	0,811597329	0,755899474	0,01122	0,01045	2	0,53922373 0,48431477
25	29	0,892105138	0,830882237	0,0153	0,01425	2	1
52	25	1,827060873	1,701674342	0,02805	0,026125	2	0,51179651 6
32	21	1,035903801	0,964812364	0,01224	0,0114	2	0,58307062 8
20	71	0,66392967	0,618365869	0,05406	0,05035	2	0,22247812 5
71	73	0,001122118	0,001045112	0,00612	0,0057	2	0,02717808 5
71	75	0,011664324	0,010863831	0,0153	0,01425	2	0,05542511 2
80	74	0,00071538	0,000666286	0,02346	0,02185	2	0,01108493 5
75	80	0,011274678	0,010500927	0,01479	0,013775	2	0,05542306 1
71	72	0,08635242	0,080426274	0,02754	0,02565	2	0,11243056 6
72	79	0,006157414	0,005734846	0,0204	0,019	2	0,03487946 3
72	76	0,025121573	0,023397543	0,02142	0,01995	2	0,06876590 5
76	77	0,011711774	0,010908025	0,01428	0,0133	2	0,05750647 9
78	82	0,013969308	0,01301063	0,06732	0,0627	2	0,02892781 2
79	81	0,000115052	0,000107157	0,0204	0,019	2	0,00476782 9
77	78	0,00342656	0,003191403	0,00612	0,0057	2	0,04751500 3
82	89	1,19279E-05	1,11088E-05	0,033762	0,031445	2	0,00119365 1
114	113	0,00245525	0,002286752	0,01326	0,01235	2	0,02692382 1
111	114	0,003101169	0,002888343	0,01122	0,01045	2	0,03289461 7
93	112	0,000167889	0,000156366	0,00918	0,00855	2	0,00845708 3
105	94	0,045085024	0,041990954	0,02346	0,02185	2	0,08673477 2
94	111	0,008390234	0,007814435	0,00918	0,00855	2	0,05981571 1
93	110	0,080335128	0,074821934	0,01836	0,0171	2	0,13086461 0,11364624
110	105	0,060581305	0,056423764	0,01836	0,0171	2	7
106	102	0,000984122	0,000916584	0,0153	0,01425	2	0,01599073 7
83	106	0,003712492	0,003457713	0,01836	0,0171	2	0,02835195 8
115	96	0,022706706	0,021148404	0,01224	0,0114	2	0,08522524 8

95	100	0,025377547	0,02363595	0,02958	0,02755	2	0,05796074 2
100	99	0,006912945	0,006438528	0,01632	0,0152	2	0,04072776 4
99	101	0,00536885	0,0050004	0,0153	0,01425	2	0,03706941 0,01077269 7
101	98	0,000423183	0,000394142	0,01428	0,0133	2	0,08366846 8
116	95	0,039209692	0,036518831	0,02193	0,020425	2	0,08367045 9
96	116	0,020061729	0,018684944	0,01122	0,01045	2	0,11352690 3
93	97	0,03694215	0,034406903	0,01122	0,01045	2	0,09937775 9
97	115	0,043743236	0,040741249	0,01734	0,01615	2	0,00853568 7
141	146	0,000541374	0,000504221	0,02958	0,02755	2	0,04303008 5
135	141	0,010437625	0,009721317	0,02244	0,0209	2	0,06679595 7
152	131	0,027441413	0,025558179	0,02448	0,0228	2	0,04303211 1
131	135	0,019453771	0,018118708	0,04182	0,03895	2	0,02490469 6
148	56	0,003028213	0,002820395	0,01938	0,01805	2	0,02217501 0,01097749 1
56	124	0,003158886	0,0029421	0,0255	0,02375	2	0,01108749 6
123	126	0,000250203	0,000233031	0,00816	0,0076	2	0,04455448 6
124	127	0,000189533	0,000176524	0,00612	0,0057	2	0,01161982 6
118	199	0,010819825	0,010077288	0,02142	0,01995	2	0,03293424 8
199	200	7,00993E-05	6,52904E-05	0,00204	0,0019	2	0,03293228 4
199	157	0,001689067	0,00157315	0,00612	0,0057	2	0,00458875 7
157	123	0,007881362	0,007340484	0,02856	0,0266	2	0,02891519 5
198	191	2,21462E-05	2,06228E-05	0,00408	0,0038	2	0,03350407 0,02891332 8
198	196	0,004176437	0,003889818	0,01938	0,01805	2	0,10492219 3
158	198	0,021838966	0,020340214	0,07548	0,0703	2	0,04280044 3
196	190	0,00065935	0,000614094	0,00306	0,00285	2	0,03682541 8
158	160	0,066559186	0,061991399	0,02346	0,02185	2	0,01100836 1
160	171	0,011557916	0,010764726	0,02448	0,0228	2	0,05061610 5
171	187	0,008912627	0,008300976	0,0255	0,02375	2	0,03164726 9
178	175	0,000564541	0,000525798	0,01836	0,0171	2	0,00357045 4
160	184	0,024242697	0,022578983	0,03672	0,0342	2	0,02281144 7
184	163	0,00658105	0,00612941	0,0255	0,02375	2	0,03382183 4
163	164	3,01554E-05	2,80856E-05	0,00918	0,00855	2	0,15567684 9
178	172	0,004174582	0,003888091	0,03162	0,02945	2	0,07009573 3
159	178	0,005624755	0,005238743	0,01938	0,01805	2	
158	181	0,178323965	0,166086046	0,02856	0,0266	2	
181	185	0,032275165	0,030060203	0,0255	0,02375	2	

185	165	0,011403279	0,010620701	0,01632	0,0152	2	0,052082829
165	169	0,008100668	0,00754474	0,01632	0,0152	2	0,04389795
169	173	0,001872947	0,00174441	0,0102	0,0095	2	0,026699907
159	179	0,006136486	0,005715356	0,01224	0,0114	2	0,044450741
179	176	0,002852016	0,002656288	0,0153	0,01425	2	0,027104723
161	168	0,000116331	0,000108348	0,02142	0,01995	2	0,004591267
182	161	0,01352293	0,012594885	0,02346	0,02185	2	0,047300266
181	182	0,012948522	0,012059899	0,00918	0,00855	2	0,073989279
180	177	0,007773471	0,007239997	0,01632	0,0152	2	0,043287188
130	156	0,010050282	0,009360557	0,0102	0,0095	2	0,062617037
129	130	0,022569206	0,021020339	0,0153	0,01425	2	0,076614111
156	132	0,009874432	0,009196774	0,03162	0,02945	2	0,035252825
132	139	0,000462047	0,000430337	0,02958	0,02755	2	0,00788439
136	143	0,023922092	0,022280379	0,02652	0,0247	2	0,059917965
143	147	0,008686224	0,008090111	0,02652	0,0247	2	0,036106468
155	136	0,036753274	0,034230991	0,02346	0,02185	2	0,078960938
147	149	0,00047191	0,000439523	0,00612	0,0057	2	0,017519113
138	142	0,022092766	0,020576596	0,01734	0,01615	2	0,071254479
150	128	0,009807868	0,009134779	0,00918	0,00855	2	0,240537909
145	144	4,60581E-05	4,28976E-05	0,00918	0,00855	2	0,00446251
148	145	0,002563544	0,002387614	0,0153	0,01425	2	0,025788208
151	134	0,002654941	0,00247274	0,02142	0,01995	2	0,022195445
134	194	1,41824E-05	1,32076E-05	0,00255	0,002375	2	0,004701827
150	151	0,007807633	0,007271815	0,0153	0,01425	2	0,045035285
189	188	0,000992375	0,00092427	0,0204	0,019	2	0,013708196
188	197	0,000661591	0,000616188	0,0306	0,0285	2	0,009138911
197	195	5,51331E-05	5,13488E-05	0,0102	0,0095	2	0,0045695
188	192	3,52813E-05	3,2864E-05	0,006528	0,00608	2	0,004568992
148	137	0,188305864	0,175382913	0,0357	0,03325	2	0,14941035
137	154	0,143713042	0,133850383	0,02958	0,02755	2	0,144365889
137	193	1,98355E-05	1,84741E-05	0,00357	0,003325	2	0,004697116
154	150	0,051059951	0,047555837	0,01938	0,01805	2	0,11632041
117	83	2,966525221	2,762940156	0,01122	0,01045	2	1,02872934
123	125	0,000250203	0,000233031	0,00816	0,0076	2	0,010977491
201	91	7,843125648	7,304871927	0,108528	0,10108	2	0,536670454
91	1	6,75871353	6,294880249	0,095166	0,088635	2	0,532076864
91	86	6,14563E-05	2,0804E-05	0,011308	0,003828	1	0,01157629

1	12	1,770386721	0,599313793	0,02827	0,00957	1	1,25967348 3
3	11	3,539956513	1,198351038	0,05911	0,02001	1	1,23210670 4
11	14	5,15244117	1,744211602	0,09252	0,03132	1	1,18845989 6
14	10	6,079266522	2,057961819	0,116935	0,039585	1	1,14849472 6
12	3	2,385642543	0,807591055	0,039835	0,013485	1	1,23211173 6
10	85	0,005950678	0,002014432	0,03084	0,01044	1	0,06978213 6
10	9	1,651510462	0,559071635	0,04112	0,01392	1	1,00983593 6
9	87	1,932384384	0,654153469	0,096375	0,032625	1	0,71413147
83	32	2,505695262	2,333735783	0,01173	0,010925	2	0,92502656 0,70132038 2
201	122	1,764648124	0,164354482	0,00357	0,0003325	3	0,70131841 2
119	93	27,12500792	2,526348777	0,054876	0,005111	3	0,70131942 5
122	119	31,51148397	2,934893115	0,06375	0,0059375	3	0,04460556 1
118	120	0,000717525	0,000242898	0,008995	0,003045	1	1,14589625 9
93	118	9,72138606	9,054232115	0,02958	0,02755	2	1,08364296 1
118	121	4,192957122	3,905205163	0,01428	0,0133	2	1,02873131 0,11024580 2
121	117	14,83268465	13,81475532	0,0561	0,05225	2	0,06125378 4
103	104	0,021035198	0,007120865	0,04369	0,01479	1	0,02148113 5
83	103	0,019249816	0,01792875	0,0204	0,019	2	0,01342204 9
108	107	0,000798859	0,000270431	0,04369	0,01479	1	0,20254296 8
83	108	0,000600934	0,000559692	0,01326	0,01235	2	0,47690452 6
140	152	0,104320899	0,035314857	0,06425	0,02175	1	0,66135218 1
189	158	11,46136496	1,06748007	0,051	0,00475	3	0,64059968 2
158	183	6,678583252	6,220249107	0,06324	0,0589	2	0,64059771 8
183	186	1,20986702	1,126836931	0,01224	0,0114	2	0,60688664 7
186	166	2,923826674	2,723171902	0,02958	0,02755	2	0,59107869 8
166	174	2,793662062	2,601940156	0,03162	0,02945	2	0,5304706 0,01162434 6
174	180	2,47397272	2,304190279	0,02958	0,02755	2	0,01734624 8
180	159	1,702404622	1,585572931	0,0255	0,02375	2	1,14280653 9
162	170	0,000308557	0,000104453	0,05654	0,01914	1	0,49550495 0,26196731 1
183	162	0,000812015	0,000274884	0,06682	0,02262	1	0,56733770 3
159	128	9,631768498	3,260559764	0,20046	0,06786	1	0,23052456 6
128	140	0,274770686	0,093015757	0,02827	0,00957	1	0,24857282
140	129	0,111718221	0,037819009	0,04112	0,01392	1	
128	153	0,392708936	0,132940379	0,03084	0,01044	1	
153	155	0,059465727	0,020130421	0,02827	0,00957	1	
133	138	0,257368652	0,087124797	0,10537	0,03567	1	



							1
153	133	0,235063155	0,079573909	0,06939	0,02349	1	0,292711154
201	189	7,080216598	0,659431938	0,0306	0,00285	3	0,483724613
202	148	0,314982004	0,029336559	0,0306	0,00285	3	0,101030525

### 6.4.3 Sistema 3

#### 6.4.3.1 Diseño radial clásico

Solución 1 al Sistema 3 - Simulación radial - Nodos						
Nodo	Tensión (kV)	Ángulo	Pgenerada (kW)	Qgenerada (kVAr)	Pload (kW)	Qload (kVAr)
8	10	0	306,1243997	189,6741419	0	0
1	9,999009214	4,93E-05	1,44E-10	1,54E-10	8,5	5,2678269
2	9,996418303	0,000109553	3,57E-09	2,16E-09	85	52,678269
3	9,997343655	8,80E-05	-1,06E-09	1,43E-09	42,5	26,339134
20	9,996029641	0,00011859	4,02E-09	2,60E-09	17	10,535654
5	9,99713217	9,30E-05	1,85E-09	2,03E-09	25,5	15,803481
6	9,995543148	0,000129903	4,17E-09	2,76E-09	68	42,142615
7	9,997076655	9,42E-05	1,01E-09	1,10E-09	59,5	36,874788

Solución 1 al Sistema 3 - Simulación radial - líneas							
NodOrigen	NodDestino	Pérdidas (kW)	Pérdidas (kVAr)	Resistencia	Reactancia	Calibre	Jeconomica
1	3	0,056707949	0,019196854	0,04626	0,01566	1	0,173229364
3	2	0,018004295	0,006094839	0,044975	0,015225	1	0,098997946
2	20	0,003781196	0,001280016	0,037779	0,012789	1	0,049502826
3	5	0,002057195	0,000696405	0,02056	0,00696	1	0,049488428
20	6	0,003786414	0,001281782	0,05911	0,02001	1	0,039603028
5	7	0,000378012	0,000127965	0,00771	0,00261	1	0,034642077
8	1	0,039684659	0,00369612	0,0306	0,00285	3	0,035357945

Solución 2 al Sistema 3 - Simulación radial - Nodos						
Nodo	Tensión (kV)	Ángulo	Pgenerada (kW)	Qgenerada (kVAr)	Pload (kW)	Qload (kVAr)
8	10	0	306,1146304	189,6708353	0	0
1	9,999009245	4,93E-05	8,55E-10	2,43E-10	8,5	5,2678269
2	9,996788569	0,000100945	1,80E-09	1,18E-09	85	52,678269
3	9,997343737	8,80E-05	1,08E-09	8,13E-10	42,5	26,339134
20	9,996710845	0,000102753	2,42E-09	1,00E-09	17	10,535654
5	9,996963046	9,69E-05	1,14E-09	1,68E-09	25,5	15,803481
6	9,996431655	0,000109245	2,22E-09	1,25E-09	68	42,142615
7	9,99684408	9,97E-05	2,07E-09	2,43E-09	59,5	36,874788

Solución 2 al Sistema 3 - Simulación radial - líneas							
--	--	--	--	--	--	--	--

NodOrigen	NodDestino	Pérdidas (kW)	Pérdidas (kVAr)	Resistencia	Reactancia	Calibre	Jeconomica
1	3	0,056704695	0,019195753	0,04626	0,01566	1	0,173219424
3	2	0,006480579	0,002193814	0,044975	0,015225	1	0,059389904
2	20	0,000151216	5,11896E-05	0,037779	0,012789	1	0,009898453
3	5	0,006665865	0,002256538	0,02056	0,00696	1	0,08908655
5	7	0,001735923	0,000587647	0,00771	0,00261	1	0,074239662
7	6	0,00320965	0,001086535	0,050115	0,016965	1	0,039595991
8	1	0,039682445	0,003695914	0,0306	0,00285	3	0,035355972

Solución 3 al Sistema 3 - Simulación radial - Nodos						
Nodo	Tensión (kV)	Ángulo	Pgenerada (kW)	Qgenerada (kVAr)	Pload (kW)	Qload (kVAr)
9	10	0	306,0353103	189,6537154	0	0
1	9,998813219	2,76E-05	3,75E-06	2,32E-06	8,5	5,2678269
2	9,998305712	3,94E-05	4,75E-06	2,94E-06	85	52,678269
3	9,998860795	2,65E-05	3,17E-06	1,96E-06	42,5	26,339134
20	9,998227999	4,12E-05	5,44E-06	3,38E-06	17	10,535654
5	9,999241418	1,76E-05	1,98E-06	1,21E-06	25,5	15,803481
6	9,999682854	7,37E-06	5,06E-09	3,47E-09	68	42,142615
7	9,999407938	1,38E-05	1,46E-06	8,98E-07	59,5	36,874788

Solución 3 al Sistema 3 - Simulación radial - líneas							
NodOrigen	NodDestino	Pérdidas (kW)	Pérdidas (kVAr)	Resistencia	Reactancia	Calibre	Jeconomica
3	1	4,62705E-05	1,56636E-05	0,04626	0,01566	1	0,004947095
3	2	0,006478611	0,002193148	0,044975	0,015225	1	0,059371871
2	20	0,000151169	5,1174E-05	0,037779	0,012789	1	0,009895406
5	3	0,006663465	0,002255725	0,02056	0,00696	1	0,089054472
7	5	0,003401068	0,001151334	0,00771	0,00261	1	0,103894585
9	6	0,002467356	0,000835253	0,03855	0,01305	1	0,039570242
9	7	0,016122929	0,005457956	0,02056	0,00696	1	0,138520501

#### 6.4.3.2 Diseño no radial

Solución 1 al Sistema 3 - Simulación no radial - Nodos						
Nodo	Tensión (kV)	Ángulo	Pgenerada (kW)	Qgenerada (kVAr)	Pload (kW)	Qload (kVAr)
8	10	0	306,1146304	189,6708353	0	0
1	9,999009245	4,93E-05	8,55E-10	2,43E-10	8,5	5,2678269
2	9,996788569	0,000100945	1,80E-09	1,18E-09	85	52,678269
3	9,997343737	8,80E-05	1,08E-09	8,13E-10	42,5	26,339134
20	9,996710845	0,000102753	2,42E-09	1,00E-09	17	10,535654
5	9,996963046	9,69E-05	1,14E-09	1,68E-09	25,5	15,803481
6	9,996431655	0,000109245	2,22E-09	1,25E-09	68	42,142615

7	9,99684408	9,97E-05	2,07E-09	2,43E-09	59,5	36,874788
---	------------	----------	----------	----------	------	-----------

Solución 1 al Sistema 3 - Simulación no radial - líneas							
NodOrigen	NodDestino	Pérdidas (kW)	Pérdidas (kVAr)	Resistencia	Reactancia	Calibre	Jeconomica
1	3	0,056704695	0,019195753	0,04626	0,01566	1	0,173219424
3	2	0,006480579	0,002193814	0,044975	0,015225	1	0,059389904
2	20	0,000151216	5,11896E-05	0,037779	0,012789	1	0,009898453
3	5	0,006665865	0,002256538	0,02056	0,00696	1	0,08908655
5	7	0,001735923	0,000587647	0,00771	0,00261	1	0,074239662
7	6	0,00320965	0,001086535	0,050115	0,016965	1	0,039595991
8	1	0,039682445	0,003695914	0,0306	0,00285	3	0,035355972

Solución 2 al Sistema 3 - Simulación no radial - Nodos						
Nodo	Tensión (kV)	Ángulo	Pgenerada (kW)	Qgenerada (kVAr)	Pload (kW)	Qload (kVAr)
9	10	0	306,0305817	189,652119	0	0
1	9,998913679	2,53E-05	1,43E-06	8,79E-07	8,5	5,2678269
2	9,998498694	3,49E-05	1,45E-06	8,97E-07	85	52,678269
3	9,998961254	2,41E-05	1,12E-06	6,89E-07	42,5	26,339134
20	9,999481988	1,20E-05	1,21E-07	7,58E-08	17	10,535654
5	9,999299579	1,63E-05	7,10E-07	4,37E-07	25,5	15,803481
6	9,999603563	9,22E-06	6,10E-08	3,77E-08	68	42,142615
7	9,999450238	1,28E-05	5,32E-07	3,26E-07	59,5	36,874788

Solución 2 al Sistema 3 - Simulación no radial - líneas							
NodOrigen	NodDestino	Pérdidas (kW)	Pérdidas (kVAr)	Resistencia	Reactancia	Calibre	Jeconomica
3	1	4,62698E-05	1,56633E-05	0,04626	0,01566	1	0,004947019
3	2	0,004498851	0,001522957	0,044975	0,015225	1	0,049474527
5	3	0,005264761	0,001782234	0,02056	0,00696	1	0,079156537
6	20	0,000236465	8,00484E-05	0,05911	0,02001	1	0,009892969
7	5	0,002783997	0,000942443	0,00771	0,00261	1	0,093996587
9	6	0,003855324	0,00130511	0,03855	0,01305	1	0,049463828
9	7	0,013901473	0,004705946	0,02056	0,00696	1	0,128622103

#### 6.4.3.3 Generación distribuida - Fuentes modelo PQ - Resultados de líneas

Simulación 1 del Sistema 3 - Diseño no radial - Generación distribuida - Líneas							
NodOrigen	NodDestino	Pérdidas (kW)	Pérdidas (kVAr)	Resistencia	Reactancia	Calibre	Jeconomica
1	3	0,003878832	0,001313068	0,04626	0,01566	1	0,0829424
3	2	0,004498177	0,001522729	0,044975	0,015225	1	0,04946712

							3
5	3	0,002746501	0,000929749	0,02056	0,00696	1	0,066070537
6	20	0,000236441	8,00405E-05	0,05911	0,02001	1	0,009891988
7	5	0,001522993	0,000515566	0,00771	0,00261	1	0,075153879
9	6	0,003854948	0,001304982	0,03855	0,01305	1	0,049459001
9	7	0,008568367	0,002900576	0,02056	0,00696	1	0,103061442
8	1	0,002953961	0,000275124	0,0306	0,00285	3	0,015791389

Simulación 2 del Sistema 3 - Diseño no radial - Generación distribuida - Líneas							
NodOrigen	NodDestino	Pérdidas (kW)	Pérdidas (kVAr)	Resistencia	Reactancia	Calibre	Jeconomica
1	3	0,005145321	0,001741801	0,04626	0,01566	1	0,078588689
3	2	0,006477689	0,002192836	0,044975	0,015225	1	0,059363418
5	3	0,002746584	0,000929778	0,02056	0,00696	1	0,066072536
6	20	0,000236448	8,00427E-05	0,05911	0,02001	1	0,00989227
7	5	0,00152304	0,000515582	0,00771	0,00261	1	0,075156193
9	6	0,003855061	0,001305021	0,03855	0,01305	1	0,049460455
9	7	0,008568626	0,002900663	0,02056	0,00696	1	0,103064552
8	1	0,003914143	0,000364553	0,0306	0,00285	3	0,015693273

Simulación 3 del Sistema 3 - Diseño no radial - Generación distribuida - Líneas							
NodOrigen	NodDestino	Pérdidas (kW)	Pérdidas (kVAr)	Resistencia	Reactancia	Calibre	Jeconomica
1	3	0,009931035	0,003361868	0,04626	0,01566	1	0,088482806
3	2	0,006478174	0,002193001	0,044975	0,015225	1	0,059367869
5	3	0,002746795	0,000929849	0,02056	0,00696	1	0,066077613
6	20	0,000236465	8,00485E-05	0,05911	0,02001	1	0,009892991
7	5	0,001523152	0,00051562	0,00771	0,00261	1	0,075161733
9	6	0,003855348	0,001305118	0,03855	0,01305	1	0,049464138
9	7	0,008569274	0,002900883	0,02056	0,00696	1	0,103072347
8	1	0,007385852	0,000687898	0,0306	0,00285	3	0,018223177

Simulación 4 del Sistema 3 - Diseño no radial - Generación distribuida - Líneas							
NodOrigen	NodDestino	Pérdidas (kW)	Pérdidas (kVAr)	Resistencia	Reactancia	Calibre	Jeconomica
1	3	0,012493199	0,004229215	0,04626	0,01566	1	0,095409418
3	2	0,006478369	0,002193067	0,044975	0,015225	1	0,05936965
5	3	0,002075866	0,000702725	0,02056	0,00696	1	0,06242195

							4
6	20	0,000236474	8,00515E-05	0,05911	0,02001	1	0,009893355
7	5	0,001523213	0,000515639	0,00771	0,00261	1	0,075164748
9	6	0,003855495	0,001305168	0,03855	0,01305	1	0,04946603
9	7	0,008569604	0,002900995	0,02056	0,00696	1	0,103076321
8	1	0,009203097	0,000857151	0,0306	0,00285	3	0,019679297

#### 6.4.3.4 Generación distribuida - Fuentes modelo PV - Resultados de líneas

Simulación 1 del Sistema 3 - Diseño no radial - Generación distribuida - líneas							
NodOrigen	NodDestino	Pérdidas (kW)	Pérdidas (kVAr)	Resistencia	Reactancia	Calibre	Jeconomica
1	3	0,024389684	0,00825643	0,04626	0,01566	1	0,521532991
3	2	0,00449841	0,001522808	0,044975	0,015225	1	0,049469679
5	3	0,007359608	0,002491385	0,02056	0,00696	1	0,177044645
6	20	0,000236465	8,00484E-05	0,05911	0,02001	1	0,009892969
7	5	0,002915262	0,000986878	0,00771	0,00261	1	0,143857016
9	6	0,003855325	0,00130511	0,03855	0,01305	1	0,049463842
9	7	0,010180401	0,003446284	0,02056	0,00696	1	0,122451196
8	1	0,01696832	0,001580383	0,0306	0,00285	3	0,090709852

Simulación 2 del Sistema 3 - Diseño no radial - Generación distribuida - líneas							
NodOrigen	NodDestino	Pérdidas (kW)	Pérdidas (kVAr)	Resistencia	Reactancia	Calibre	Jeconomica
1	3	0,018351432	0,006212352	0,04626	0,01566	1	0,280296408
3	2	0,006477922	0,002192915	0,044975	0,015225	1	0,059365554
5	3	0,005090516	0,001723248	0,02056	0,00696	1	0,122458776
6	20	0,000236464	8,00483E-05	0,05911	0,02001	1	0,009892954
7	5	0,00216876	0,000734171	0,00771	0,00261	1	0,107020002
9	6	0,003855325	0,00130511	0,03855	0,01305	1	0,049463838
9	7	0,008839322	0,0029923	0,02056	0,00696	1	0,106320521
8	1	0,012958404	0,00120691	0,0306	0,00285	3	0,051955124

Simulación 3 del Sistema 3 - Diseño no radial - Generación distribuida - líneas							
NodOrigen	NodDestino	Pérdidas (kW)	Pérdidas (kVAr)	Resistencia	Reactancia	Calibre	Jeconomica
1	3	0,00864609	0,002926886	0,04626	0,01566	1	0,077034294
3	2	0,006478151	0,002192993	0,044975	0,015225	1	0,059367654

5	3	0,002718699	0,000920338	0,02056	0,00696	1	0,065401739
6	20	0,000236465	8,00483E-05	0,05911	0,02001	1	0,009892961
7	5	0,00154038	0,000521451	0,00771	0,00261	1	0,07601186
9	6	0,003855325	0,00130511	0,03855	0,01305	1	0,049463838
9	7	0,00878794	0,002974905	0,02056	0,00696	1	0,10570249
8	1	0,006499151	0,000605313	0,0306	0,00285	3	0,016035413

Simulación 4 del Sistema 3 - Diseño no radial - Generación distribuida - líneas							
NodOrigen	NodDestino	Pérdidas (kW)	Pérdidas (kVAr)	Resistencia	Reactancia	Calibre	Jeconomica
1	3	0,006052246	0,002048815	0,04626	0,01566	1	0,108854431
3	2	0,006478214	0,002193014	0,044975	0,015225	1	0,059378145
5	3	0,002373955	0,000803634	0,02056	0,00696	1	0,071385588
6	20	0,000236464	8,00484E-05	0,05911	0,02001	1	0,014070476
7	5	0,001904331	0,000644657	0,00771	0,00261	1	0,028621069
9	6	0,003855325	0,00130511	0,03855	0,01305	1	0,057244517
9	7	0,010591345	0,003585397	0,02056	0,00696	1	0,067070887
8	1	0,004728705	0,000440419	0,0306	0,00285	3	0,022583083

#### 6.4.3.5 Metodología de control terciario

Nodos Solución 1 al Sistema 3 - Simulación no radial de control - Nodos Red inicial						
Nodo	Tensión (kV)	Ángulo	Pgenerada (kW)	Qgenerada (kVAr)	Pload (kW)	Qload (kVAr)
8	10	0	266,0627199	87,44536419	0	0
9	9,999347971	1,93E-05	2,47E+02	8,12E+01	0	0
1	9,999160928	1,92E-05	1,18E-05	2,75E-06	47,5	15,612495
2	9,997825764	1,80E-05	1,46E-05	4,34E-06	114	37,469988
3	9,998623556	1,87E-05	2,68E-05	1,01E-05	142,5	46,837485
20	9,998647058	1,59E-05	3,40E-05	1,44E-05	19	6,244998
5	9,998710348	1,88E-05	3,27E-05	1,30E-05	28,5	9,367497
6	9,998360276	1,85E-05	3,70E-05	1,50E-05	76	24,979992
7	9,998783597	1,88E-05	3,42E-05	1,36E-05	85,5	28,102491

Solución 1 al Sistema 3 - Simulación no radial de control - líneas Red inicial							
NodOrigen	NodDestino	Pérdidas (kW)	Pérdidas (kVAr)	Resistencia	Reactancia	Calibre	Jeconomica
1	3	0,005600934	0,001896036	0,04626	0,01566	1	0,054439408
5	3	0,000328738	0,000111285	0,02056	0,00696	1	0,019770492
7	5	0,000624412	0,000211377	0,00771	0,00261	1	0,044506732
7	6	0,003208409	0,001086115	0,050115	0,016965	1	0,039580682
9	7	0,013900376	0,004705575	0,02056	0,00696	1	0,128611952

5	20	0,000102027	9,50251E-05	0,0255	0,02375	2	0,003927028
1	2	0,015179876	0,005138713	0,10537	0,03567	1	0,059377409
8	1	0,024001436	0,002235428	0,0306	0,00285	3	0,027494515

Nodos Solución 2 al Sistema 3 - Simulación no radial de control - Nodos						
Nodo	Tensión (kV)	Ángulo	Pgenerada (kW)	Qgenerada (kVAr)	Pload (kW)	Qload (kVAr)
8	10	0	266,0632599	87,44554697	0	0
9	9,999358818	1,94E-05	2,52E+02	8,27E+01	0	0
1	9,999160926	1,92E-05	1,17E-05	2,75E-06	47,5	15,612495
2	9,997825763	1,80E-05	1,46E-05	4,34E-06	114	37,469988
3	9,998623552	1,87E-05	2,69E-05	1,01E-05	142,5	46,837485
20	9,998647052	1,59E-05	3,40E-05	1,45E-05	19	6,244998
5	9,998710342	1,88E-05	3,28E-05	1,30E-05	28,5	9,367497
6	9,998360269	1,85E-05	3,70E-05	1,50E-05	76	24,979992
7	9,998783591	1,88E-05	3,42E-05	1,36E-05	90,25	29,66374

Solución 2 al Sistema 3 - Simulación no radial de control - líneas							
NodOrigen	NodDestino	Pérdidas (kW)	Pérdidas (kVAr)	Resistencia	Reactancia	Calibre	Jeconomica
1	3	0,005600992	0,001896055	0,04626	0,01566	1	0,054439967
5	3	0,000328728	0,000111282	0,02056	0,00696	1	0,019769937
7	5	0,000624402	0,000211375	0,00771	0,00261	1	0,044506023
7	6	0,003208409	0,001086115	0,050115	0,016965	1	0,039580682
9	7	0,014440116	0,004888288	0,02056	0,00696	1	0,131084978
5	20	0,000102028	9,50255E-05	0,0255	0,02375	2	0,003927042
1	2	0,015179876	0,005138713	0,10537	0,03567	1	0,059377409
8	1	0,024001532	0,002235437	0,0306	0,00285	3	0,027494625

Nodos Solución 3 al Sistema 3 - Simulación no radial de control - Nodos						
Nodo	Tensión (kV)	Ángulo	Pgenerada (kW)	Qgenerada (kVAr)	Pload (kW)	Qload (kVAr)
8	10	0	266,0634772	87,44561876	0	0
9	9,999409008	1,94E-05	2,57E+02	8,43E+01	0	0
1	9,999160926	1,92E-05	1,14E-05	2,72E-06	52,25	17,173744
2	9,997825762	1,80E-05	1,42E-05	4,29E-06	114	37,469988
3	9,99864797	1,87E-05	2,61E-05	9,94E-06	142,5	46,837485
20	9,998682323	1,59E-05	3,31E-05	1,42E-05	19	6,244998
5	9,998745613	1,88E-05	3,18E-05	1,28E-05	28,5	9,367497
6	9,998399612	1,85E-05	3,61E-05	1,48E-05	76	24,979992
7	9,998822932	1,89E-05	3,30E-05	1,33E-05	90,25	29,66374

Solución 3 al Sistema 3 - Simulación no radial de control - líneas							
NodOrigen	NodDestino	Pérdidas	Pérdidas	Resistencia	Reactancia	Calibre	Jeconomica

n	o	(kW)	(kVAr)	a	a	e	
1	3	0,005103517	0,00172765	0,04626	0,01566	1	0,05196679 1
5	3	0,000416076	0,000140851	0,02056	0,00696	1	0,02224274 3
7	5	0,000695711	0,000235513	0,00771	0,00261	1	0,04697881 4
7	6	0,003208384	0,001086107	0,050115	0,016965	1	0,03958037 1
9	7	0,014990017	0,005074441	0,02056	0,00696	1	0,13355694 7
5	20	0,000102027	9,50248E-05	0,0255	0,02375	2	0,00392701 5
1	2	0,015179876	0,005138713	0,10537	0,03567	1	0,05937741
8	1	0,024001572	0,002235441	0,0306	0,00285	3	0,02749467

Nodos Solución 4 al Sistema 3 - Simulación no radial de control - Nodos						
Nodo	Tensión (kV)	Ángulo	Pgenerada (kW)	Qgenerada (kVAr)	Pload (kW)	Qload (kVAr)
8	10	0	266,0640375	87,44580936	0	0
9	9,999419855	1,94E-05	2,61E+02	8,59E+01	0	0
1	9,999160924	1,92E-05	1,15E-05	2,73E-06	52,25	17,173744
2	9,99782576	1,80E-05	1,42E-05	4,29E-06	114	37,469988
3	9,998647966	1,87E-05	2,61E-05	9,95E-06	142,5	46,837485
20	9,998682317	1,59E-05	3,31E-05	1,42E-05	19	6,244998
5	9,998745607	1,88E-05	3,19E-05	1,28E-05	28,5	9,367497
6	9,998399605	1,85E-05	3,61E-05	1,48E-05	76	24,979992
7	9,998822925	1,89E-05	3,31E-05	1,34E-05	95	31,22499

Solución 4 al Sistema 3 - Simulación no radial de control - líneas							
NodOrigen	NodDestino	Pérdidas (kW)	Pérdidas (kVAr)	Resistencia	Reactancia	Calibre	Jeconomica
1	3	0,005103574	0,001727669	0,04626	0,01566	1	0,05196737 4
5	3	0,000416066	0,000140847	0,02056	0,00696	1	0,02224221 1
7	5	0,000695702	0,000235509	0,00771	0,00261	1	0,04697823 8
7	6	0,003208384	0,001086107	0,050115	0,016965	1	0,03958037 5
9	7	0,015550309	0,005264112	0,02056	0,00696	1	0,13602992 4
5	20	0,000102027	9,50248E-05	0,0255	0,02375	2	0,00392702 8
1	2	0,015179876	0,005138713	0,10537	0,03567	1	0,05937740 9
8	1	0,024001673	0,00223545	0,0306	0,00285	3	0,02749478 7

Nodos Solución 5 al Sistema 3 - Simulación no radial de control - Nodos						
Nodo	Tensión (kV)	Ángulo	Pgenerada (kW)	Qgenerada (kVAr)	Pload (kW)	Qload (kVAr)
8	10	0	266,0643119	87,4459017	0	0
9	9,999470044	1,95E-05	2,66E+02	8,74E+01	0	0
1	9,999160923	1,92E-05	1,12E-05	2,70E-06	57	18,734994



2	9,997825759	1,80E-05	1,39E-05	4,24E-06	114	37,469988
3	9,998672384	1,87E-05	2,55E-05	9,80E-06	142,5	46,837485
20	9,998717588	1,59E-05	3,22E-05	1,40E-05	19	6,244998
5	9,998780877	1,88E-05	3,11E-05	1,27E-05	28,5	9,367497
6	9,998438946	1,85E-05	3,51E-05	1,45E-05	76	24,979992
7	9,998862265	1,89E-05	3,23E-05	1,31E-05	95	31,22499

Solución 5 al Sistema 3 - Simulación no radial de control - líneas							
NodOrigen	NodDestino	Pérdidas (kW)	Pérdidas (kVAr)	Resistencia	Reactancia	Calibre	Jeconomica
1	3	0,004629236	0,001567095	0,04626	0,01566	1	0,049494268
5	3	0,000513691	0,000173895	0,02056	0,00696	1	0,024714976
7	5	0,000770861	0,000260953	0,00771	0,00261	1	0,049450738
7	6	0,003208358	0,001086098	0,050115	0,016965	1	0,039580055
9	7	0,016120752	0,00545722	0,02056	0,00696	1	0,138501796
5	20	0,000102026	9,50241E-05	0,0255	0,02375	2	0,003926974
1	2	0,015179876	0,005138713	0,10537	0,03567	1	0,059377409
8	1	0,024001724	0,002235455	0,0306	0,00285	3	0,027494844

Nodos Solución 6 al Sistema 3 - Simulación no radial de control - Nodos						
Nodo	Tensión (kV)	Ángulo	Pgenerada (kW)	Qgenerada (kVAr)	Pload (kW)	Qload (kVAr)
8	10	0	270,815471	89,00733093	0	0
9	9,999415718	1,98E-05	2,66E+02	8,74E+01	0	0
1	9,999145939	1,95E-05	1,16E-05	2,78E-06	57	18,734994
2	9,997810774	1,83E-05	1,44E-05	4,36E-06	114	37,469988
3	9,998632978	1,91E-05	2,65E-05	1,01E-05	142,5	46,837485
20	9,998667328	1,62E-05	3,35E-05	1,44E-05	19	6,244998
5	9,998730618	1,92E-05	3,21E-05	1,30E-05	28,5	9,367497
6	9,998384615	1,88E-05	3,65E-05	1,50E-05	76	24,979992
7	9,998807936	1,92E-05	3,32E-05	1,36E-05	99,75	32,786239

Solución 6 al Sistema 3 - Simulación no radial de control - líneas							
NodOrigen	NodDestino	Pérdidas (kW)	Pérdidas (kVAr)	Resistencia	Reactancia	Calibre	Jeconomica
1	3	0,005103648	0,001727694	0,04626	0,01566	1	0,051968126
5	3	0,000416055	0,000140844	0,02056	0,00696	1	0,022241642
7	5	0,000695694	0,000235509	0,00771	0,00261	1	0,046977662
7	6	0,003208394	0,00108611	0,050115	0,016965	1	0,039580489
9	7	0,016120927	0,005457279	0,02056	0,00696	1	0,138503298
5	20	0,000102027	9,50248E-05	0,0255	0,02375	2	0,003927028
1	2	0,015179922	0,005138728	0,10537	0,03567	1	0,059377587

8	1	0,024866578	0,002316005	0,0306	0,00285	3	0,027985819
---	---	-------------	-------------	--------	---------	---	-------------

Nodos Solución 7 al Sistema 3 - Simulación no radial de control - Nodos						
Nodo	Tensión (kV)	Ángulo	Pgenerada (kW)	Qgenerada (kVAr)	Pload (kW)	Qload (kVAr)
8	10	0	275,5663481	90,56866086	0	0
9	9,999400736	2,01E-05	2,66E+02	8,74E+01	0	0
1	9,999130957	1,99E-05	1,17E-05	2,82E-06	61,75	20,296243
2	9,997795789	1,87E-05	1,46E-05	4,42E-06	114	37,469988
3	9,998617994	1,94E-05	2,68E-05	1,02E-05	142,5	46,837485
20	9,998652344	1,66E-05	3,38E-05	1,46E-05	19	6,244998
5	9,998715635	1,95E-05	3,24E-05	1,30E-05	28,5	9,367497
6	9,998369631	1,92E-05	3,69E-05	1,52E-05	76	24,979992
7	9,998792953	1,96E-05	3,42E-05	1,38E-05	99,75	32,786239

Solución 7 al Sistema 3 - Simulación no radial de control - líneas							
NodOrigen	NodDestino	Pérdidas (kW)	Pérdidas (kVAr)	Resistencia	Reactancia	Calibre	Jeconomica
1	3	0,005103663	0,001727699	0,04626	0,01566	1	0,051968278
5	3	0,000416056	0,000140844	0,02056	0,00696	1	0,022241680,046977854
7	5	0,000695697	0,000235509	0,00771	0,00261	1	0,039580603
7	6	0,003208403	0,001086113	0,050115	0,016965	1	0,138503719
9	7	0,016120976	0,005457296	0,02056	0,00696	1	0,003927042
5	20	0,000102028	9,50251E-05	0,0255	0,02375	2	0,059377766
1	2	0,015179967	0,005138744	0,10537	0,03567	1	0,028476736
8	1	0,025746687	0,002397976	0,0306	0,00285	3	

Nodos Solución 8 al Sistema 3 - Simulación no radial de control - Nodos						
Nodo	Tensión (kV)	Ángulo	Pgenerada (kW)	Qgenerada (kVAr)	Pload (kW)	Qload (kVAr)
8	10	0	304,0712247	99,9364352	0	0
9	9,999009687	2,19E-05	2,38E+02	7,81E+01	0	0
1	9,999041063	2,19E-05	1,42E-05	3,23E-06	61,75	20,296243
2	9,997705883	2,07E-05	1,76E-05	5,11E-06	114	37,469988
3	9,998381575	2,13E-05	3,27E-05	1,20E-05	142,5	46,837485
20	9,998350808	1,84E-05	4,13E-05	1,72E-05	19	6,244998
5	9,9984141	2,14E-05	4,00E-05	1,54E-05	28,5	9,367497
6	9,998043666	2,10E-05	4,50E-05	1,79E-05	76	24,979992
7	9,998467001	2,14E-05	4,14E-05	1,62E-05	99,75	32,786239

Solución 8 al Sistema 3 - Simulación no radial de control - líneas							
NodOrigen	NodDestino	Pérdidas (kW)	Pérdidas (kVAr)	Resistencia	Reactancia	Calibre	Jeconomica
1	3	0,008435765	0,002855687	0,04626	0,01566	1	0,066809208
5	3	4,61689E-05	1,56291E-05	0,02056	0,00696	1	0,007404346

