

MÉTODO PARA LA LOCALIZACIÓN ÓPTIMA DE BANCO DE
CONDENSADORES EN TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN PARA LA
REDUCCIÓN DE PÉRDIDAS DE POTENCIA EN SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN
RADIAL

MAURICIO ABRIL CAÑAS

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y DE
TELECOMUNICACIONES
ESPECIALIZACIÓN EN SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA
ELÉCTRICA
BUCARAMANGA

2016

MÉTODO PARA LA LOCALIZACIÓN ÓPTIMA DE BANCO DE
CONDENSADORES EN TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN PARA LA
REDUCCIÓN DE PÉRDIDAS DE POTENCIA EN SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN
RADIAL

MAURICIO ABRIL CAÑAS

Trabajo de monografía para optar por el título de especialista en sistemas de
distribución de energía eléctrica

DIRECTOR

JAIRO BLANCO SOLANO

CANDIDATO A DOCTOR EN INGENIERÍA ELÉCTRICA

MAGÍSTER EN INGENIERÍA ELÉCTRICA

INGENIERO ELECTRICISTA UIS

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS

ESCUELA DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y DE
TELECOMUNICACIONES

ESPECIALIZACIÓN EN SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA
ELÉCTRICA

BUCARAMANGA

2016

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Industrial de Santander por haberme permitido la oportunidad de adquirir nuevos conocimientos en el área de los sistemas de distribución de energía eléctrica.

Al MSc Jairo Blanco Solano por toda la disposición, asesoría y conocimientos brindados para que esta monografía se llevará a cabo.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	12
1. METODOLOGÍAS Y TÉCNICAS DE LOCALIZACIÓN DE BANCO DE CONDENSADORES PARA LA REDUCCIÓN DE PÉRDIDAS DE POTENCIA EN SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN	16
1.1 MÉTODOS ANALÍTICOS.....	17
1.2 MÉTODOS DE PROGRAMACIÓN NUMÉRICA	18
1.3 MÉTODOS HEURÍSTICOS	19
1.4 MÉTODOS BASADOS EN INTELIGENCIA ARTIFICIAL.....	20
2. MÉTODO PARA LA LOCALIZACIÓN ÓPTIMA DE BANCOS DE CONDENSADORES EN TRANSFORMADORES PARA LA REDUCCIÓN DE PÉRDIDAS DE POTENCIA EN SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN CON CONFIGURACIÓN RADIAL.....	24
3. IMPLEMENTACIÓN Y RESULTADOS DEL MÉTODO PARA LA LOCALIZACIÓN ÓPTIMA DE BANCOS DE CONDENSADORES	32
4. CONCLUSIONES	41
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	43
BIBLIOGRAFIA	46
ANEXOS	49

INDICE DE FIGURAS

	pág
Figura 1. Modelo equivalente del transformador.....	25
Figura 2. Diagrama unifilar de alimentadores en el sistema de distribución radial.	26
Figura 3. Diagrama de flujo localización óptima de bancos de condensadores.....	30
Figura 4. Sistema de distribución de configuración radial de Macau	32
Figura 5. Pérdidas de potencia debido a componentes reactivas en ATP.....	35
Figura 6. Sistema de distribución radial de Macau en ATP.....	36
Figura 7. Interfaz de usuario toolbox Optimtool	37

INDICE DE TABLAS

pág

Tabla 1. Parámetros de las líneas	..33
Tabla 2. Parámetros de los transformadores	34
Tabla 3. Parámetros del sistema de distribución	..36
Tabla 4. Resultados del proceso de optimización	39

INDICE DE ANEXOS

pág

ANEXO A. Función objetivo a maximizar en Matlab	49
ANEXO B. Restricciones de la función objetivo en Matlab	.78
ANEXO C. Función objetivo a maximizar (valor presente neto)	80

RESUMEN

TÍTULO:

MÉTODO PARA LA LOCALIZACIÓN ÓPTIMA DE BANCOS DE CONDENSADORES EN TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN PARA LA REDUCCIÓN DE PÉRDIDA DE POTENCIA EN SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN RADIAL*

AUTOR:

MAURICIO ABRIL CAÑAS**

PALABRAS CLAVE:

Bancos de condensadores, valor presente neto, sistema de distribución radial de energía.

DESCRIPCIÓN:

El problema de la localización óptima de bancos de condensadores es una temática de gran importancia que afecta intereses económicos, de inversión en la planeación de proyectos de distribución y calidad de la energía eléctrica que compromete tanto a usuarios residenciales, usuarios comerciales, usuarios industriales y operadores de red. La instalación de bancos de condensadores es una buena alternativa dado que ofrece adicional al problema de reducción de pérdidas de potencia, mejoramiento en el perfil de tensión, mejoramiento en la capacidad de la red de transporte de energía y provee reserva de potencia reactiva al sistema. Por estos motivos inicialmente se realizó un estudio de las técnicas para la localización óptima de bancos de condensadores en donde se profundiza en un método que restringe las conexiones de los bancos en terminales de baja tensión de los transformadores de distribución de energía eléctrica, seguido se implementa la metodología en un sistema de distribución radial con la ayuda de herramientas computacionales como el Matlab y el ATP, en donde se adopta el criterio de valor presente neto para estimar la viabilidad económica de la instalación de los bancos de condensadores en la red de distribución radial. Finalmente se obtienen resultados maximizando la función de valor presente neto de la red de distribución para el ciclo de vida del proyecto y se concluye la viabilidad económica de la instalación de los bancos de condensadores.

* Trabajo de monografía.

** Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de ingenierías eléctrica, electrónica y de telecomunicaciones. Especialización en Sistemas de Distribución de Energía Eléctrica. Director: Jairo Blanco Solano

ABSTRACT

TITLE:

METHOD FOR OPTIMAL CAPACITOR PLACEMENT IN DISTRIBUTION TRANSFORMER FOR POWER LOSS REDUCTION IN RADIAL DISTRIBUTION SYSTEMS*

AUTHOR:

MAURICIO ABRIL CAÑAS**

KEYWORD:

Capacitors, net present value, radial distribution system.

DESCRIPTION:

The problem of optimal capacitor placement is a topic of great importance that affects economic interests, investment in the planning of distribution projects and quality of electric energy that compromises residential customers, commercial customers, industrial customers and network operators. The installation of capacitor banks is a good alternative since it offers additional to the problem of power loss reduction, improvement in the voltage profile, improvement in the capacity of the energy transport network and provides reserve of reactive power to the system. For these reasons initially a study of the techniques for the optimum location of capacitor banks where a method that restricts the connections of the banks in terminals of the electric power distribution transformers at low side is carried out, followed by the implementation of the methodology in a radial distribution system with the help of computational tools such as Matlab and ATP, where the net present value criterion is adopted to estimate the economic viability of the installation of the capacitor banks in the radial distribution network. Finally maximizing the net present value function of the distribution network for the lifecycle of the project and the economic viability of the installation of capacitor banks is concluded results.

* Monograph.

** Faculty of Physical-Mechanic Engineering. School of Electrical, Electronical and Telecommunications Engineering. Specialization in Electrical Distribution Systems. Director: Jairo Blanco Solano

INTRODUCCIÓN

En primer lugar se enuncia la justificación, el planteamiento del problema, más adelante los objetivos y por último se describe la estructura del texto.

Motivación y justificación

Las pérdidas de potencia en los sistemas de distribución son una temática de gran importancia debido a que afecta intereses económicos, de inversión en la planeación de proyectos de distribución y calidad de la energía eléctrica que compromete tanto a usuarios como a operadores de red.

Actualmente las empresas operadoras de red invierten gran cantidad de recursos en programas que mitiguen o minimicen estas pérdidas. Planes que van desde concientizar a la comunidad de los peligros inminentes que existen en una instalación no regulada por el operador de red (fraude), hasta estrategias y metodologías implementadas en los sistemas de distribución para minimizar pérdidas.

En lo concerniente a la reducción de pérdidas técnicas se realizan esfuerzos por mitigar las pérdidas de potencia en los sistemas de distribución, como por ejemplo: balance de cargas, reconfiguración de la red de distribución, cargabilidad óptima de transformadores y ubicación óptima de bancos de condensadores [1].

La instalación de bancos de condensadores es una buena alternativa dado que ofrece adicional al problema de reducción de pérdidas de potencia, mejoramiento en el perfil de tensión, mejoramiento en la capacidad de la red de transporte de energía y provee reserva de potencia reactiva al sistema [1]. Por estos motivos es importante realizar un estudio de las técnicas para la ubicación de banco de condensadores en donde se profundizará en un método que restringe las

conexiones de los bancos en terminales de los transformadores de distribución de energía eléctrica.

Planteamiento del problema

Los operadores de los sistemas de distribución de energía eléctrica se enfrentan a grandes desafíos frente a las pérdidas. En un sistema eléctrico estas pérdidas son tanto de energía como de potencia, y ambos tipos de pérdidas tienen un costo económico para las empresas; el de las pérdidas de energía es el costo marginal de producir y transportar esa energía adicional desde las plantas generadoras (o puntos de compra de energía en bloque), hasta el punto donde se disipa a través de los sistemas de transmisión, subtransmisión y distribución; el de las pérdidas de potencia es el costo marginal de inversión de capital, requerido para generar y transmitir esa potencia adicional a través del sistema [2]. Estos retos se enmarcan en las pérdidas de potencia técnicas y las pérdidas de potencia no técnicas. El robo de energía genera pérdidas millonarias a las empresas distribuidoras y comercializadoras de energía eléctrica, representando . entre otros- una reducción de sus ingresos por los consumos no facturados [2]. A nivel de los sistemas de distribución las pérdidas no técnicas corresponden a los fraudes en líneas y transformadores de distribución.

En el caso de las pérdidas técnicas, muchos autores centran esta problemática en las líneas de distribución de energía, estas pérdidas de $P_{\text{téc}}$ como se indican en [3], pueden representar el 13% de la potencia total generada. Pero otros autores se enfocan en las pérdidas de potencia que se generan en los transformadores de distribución, de acuerdo a [4] se estima que la pérdida de energía en los transformadores de transmisión y distribución representa un 41% de las pérdidas totales en estos sistemas.

En la presente monografía se encamina a implementar una metodología para la ubicación óptima de banco de condensadores en transformadores de distribución para la reducción de pérdidas de potencia en sistemas de distribución radial. Se consideran las pérdidas de energía en los arrollamientos del transformador, es decir las pérdidas i^2R , más no las pérdidas por efecto de histéresis. Inicialmente se realizará un estudio de las técnicas de ubicación de bancos de condensadores para la reducción de las pérdidas de potencia en sistemas de distribución, seguido se evaluarán los resultados de la metodología en el software ATP-EMTP y finalmente se generarán conclusiones en cuanto a la reducción de pérdidas en una red de distribución radial.

En la presente monografía se enmarcan los siguientes objetivos.

Objetivo general

Implementar un método de ubicación óptima de banco de condensadores conectados en barras de baja tensión de los transformadores de distribución para la reducción de pérdidas de potencia en el sistema de distribución radial.

Objetivos específicos

Identificar técnicas de localización de banco de condensadores para la reducción de las pérdidas de potencia en sistemas de distribución.

Implementar una metodología de localización de banco de condensadores usando Matlab como herramienta para la solución del problema y ATP-EMTP para la simulación de los casos de estudio.

Evaluar el desempeño del método de localización óptima de bancos de condensadores implementado.

EL texto está compuesto por los siguientes capítulos indicados de la siguiente forma:

Capítulo 1. En este capítulo se describen las metodologías y técnicas para la reducción de pérdidas de potencia a través de la ubicación óptima de banco de condensadores.

En el capítulo 2 se presenta la implementación de un método para la localización de bancos de condensadores con miras a la reducción de pérdidas de potencia en sistemas de distribución radial.

Finalmente, en el capítulo 3 se muestran los resultados de la implementación de la metodología escogida.

1. METODOLOGÍAS Y TÉCNICAS DE LOCALIZACIÓN DE BANCO DE CONDENSADORES PARA LA REDUCCIÓN DE PÉRDIDAS DE POTENCIA EN SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN

En este capítulo se presentan las metodologías o técnicas de localización de bancos de condensadores para la reducción de pérdidas de potencia en sistemas de distribución.

En la operación de un sistema de distribución inevitablemente existen pérdidas de potencia por el efecto Joule. Estas pérdidas ocurren en las líneas del sistema de distribución y transformadores de distribución. Con la finalidad de reducir este tipo de pérdidas, un enfoque es la reconfiguración del sistema de distribución, permitiendo la reducción en distancia que la energía debe de recorrer para llegar a los centros de transformación o usuarios finales. El otro enfoque es disminuir la corriente que se transporta por los alimentadores de los circuitos de distribución que alimentan a usuarios finales. Esto puede ser logrado instalando bancos de condensadores shunt en la red para compensar una porción de la potencia reactiva de la carga demandada [3]. En la presente monografía se enfoca en la ubicación óptima de banco de condensadores en redes de distribución con miras a reducir las pérdidas de potencia.

La gran cantidad de estudios e investigaciones respecto al tema de la localización óptima de banco de condensadores es enorme, como se indica en [5] se han registrado en el subcomité de la IEEE de distribución y transmisión 10 bibliografías en capacitores de potencia desde 1959 a 1980, el total de las publicaciones es alrededor de 400, y muchos de los documentos se refieren específicamente al problema de la localización de bancos de condensadores. A pesar de la gran cantidad de literatura publicada en revistas especializadas en [5] se identifican cuatro categorías de métodos del problema de localización de banco de condensadores, las cuales son: analítica, programación numérica, heurística e inteligencia artificial.

1.1 MÉTODOS ANALÍTICOS

Los métodos analíticos fueron los primeros en emplearse para la solución al problema de localización de bancos de condensadores. Estos métodos se basan en la maximización de la función de ahorro de energía que está dada por la siguiente función

$$F = E_{\Delta} + P_{\Delta} - C_{\Delta} \quad (1)$$

En donde E_{Δ} y P_{Δ} es el ahorro de energía y el pico de potencia de la reducción de pérdidas en base a la localización de bancos de condensadores respectivamente y el término C_{Δ} es el costo de instalación del banco de condensadores. Estos métodos se implementaron cuando los recursos computacionales eran demasiado altos y económicamente inaccesibles [5].

Los investigadores que lideraron los avances empleando esta metodología fueron Neagle y Samson [6], Cook [7], Schmill [8], Chang [9] [10], y Bae [11]. Ellos obtuvieron soluciones al problema de localización de bancos de condensadores suponiendo tamaño constante de alimentadores y carga uniformemente distribuida [5]. Estos métodos fueron generados antes que la regla de las dos terceras partes se estableciera; esta regla pretende conseguir una reducción máxima de pérdidas de potencia estimando la capacidad de los bancos de condensadores a dos terceras partes del pico de la carga reactiva a instalar en una posición a las dos terceras partes de la longitud total del tamaño del alimentador [5].

Con la finalidad de obtener resultados más precisos, Grainger [12] [13] y Salama [14] [15] mejoraron los modelos considerando los tamaños de los diferentes alimentadores y la distribución no uniforme de cargas en el sistema. Estos mejoramientos demostraron la importancia de modelar apropiadamente los alimentadores y considerar la variación en las cargas. Esto se indica en [16] por

medio de un ejemplo en el cual se visualiza que la regla de las dos terceras partes es inexacta y conduce a resultados negativos en ahorros de potencia [5].

Los métodos analíticos presentan desventajas respecto al modelamiento de la localización y capacidades de los bancos de condensadores debido a que estas se toman como variables continuas. Estos métodos ofrecen soluciones de localización de bancos de condensadores en lugares en donde no coinciden con los nodos físicos de los sistemas de distribución y las capacidades de los bancos de condensadores calculadas no corresponden con dimensiones estándar; en consecuencia, se realizan ajustes u aproximaciones a soluciones factibles para su implementación, pero generando sobretensiones y ahorros en potencia menores que los calculados inicialmente [5].

1.2 MÉTODOS DE PROGRAMACIÓN NUMÉRICA

Los métodos de programación numérica emplean técnicas iterativas para maximizar o minimizar una función objetivo de variables de decisión. Estas variables de decisión son localización, capacidad y cantidad de bancos de condensadores; al igual que la tensión en nodos e intensidad que deben satisfacer las restricciones del sistema (capacidad de transporte de energía en las líneas) de distribución para una adecuada operación [5].

De acuerdo con [5] empleando métodos de programación numérica, el problema de localización de bancos de condensadores se puede formular de la siguiente manera:

$$C_{\text{total}} = C_{\text{energía}} + C_{\text{instalación}} \quad (2)$$

En donde $C_{\text{energía}}$ es el costo del ahorro el cual incluye la reducción de pérdidas de energía, $C_{\text{instalación}}$ es el costo de instalación de los bancos de condensadores y ΔC es

el cambio en la tensión debido a la instalación de bancos de condensadores la cual no debe exceder un $\Delta V_{\%}$.

Según publicaciones científicas en el área [17] [18] [19] [20], este tipo de modelos aumentan su complejidad y sofisticación a medida que se desarrollan avances en el almacenamiento y capacidad en el sector de la computación; obedeciendo esto a un desarrollo creciente cronológicamente.

Algunos métodos de programación numérica tienen la ventaja de considerar las variables de localización y capacidad de los bancos de condensadores como variables discretas, lo cual representa una ventaja frente a los métodos analíticos permitiendo soluciones más factibles y precisas. [5].

1.3 MÉTODOS HEURÍSTICOS

Los métodos heurísticos son estrategias generales para resolver un problema basados en la intuición y la experiencia permitiendo reducir el espacio de búsqueda y encontrar soluciones cercanas a la óptima con cierto grado de certeza [5].

De acuerdo a [5] los métodos basados en técnicas de búsquedas heurísticas se han empleado inicialmente en la reducción de pérdidas de energía empleando la estrategia de reconfiguración. Abdel . Salam [21] propuso una técnica heurística para identificar la sección del alimentador en el sistema de distribución con las mayores pérdidas debido a corrientes de carga reactiva y así determinar el nodo en esa sección que tuviera el mayor efecto en la reducción de pérdidas en el sistema. M Chis [22] mejoro el trabajo de [21] considerando la variación de cargas, determinando los nodos que tienen el mayor impacto en la reducción de todo el sistema de distribución y optimizando la capacidad de los bancos de condensadores maximizando el ahorro neto de la energía y los picos de potencia

de las pérdidas. Ambas metodologías son intuitivas, sencillas de comprender y simples de implementar en comparación con los métodos analíticos y de programación numérica. Mas sin embargo los resultados generados por algoritmos heurísticos no garantizan que estos sean soluciones óptimas.

1.4 MÉTODOS BASADOS EN INTELIGENCIA ARTIFICIAL

El problema de localización de bancos de condensadores ha sido recientemente abordado por metodologías basadas en inteligencia artificial. Estas metodologías se basan en comportamientos biológicos, estados físicos y químicos de partículas y aspectos propios de los seres humanos (tanto comportamentales como de su funcionamiento orgánico). Se destacan en el problema de la localización óptima de bancos de condensadores los siguientes métodos: algoritmos genéticos (GA), recocido simulado (SA), sistemas expertos, (ES's), redes neuronales artificiales (ANN's) y teoría difusa (FST) [5].

Algoritmos Genéticos

Los algoritmos genéticos emplean la evolución biológica para desarrollar series de búsqueda con la finalidad de hallar una solución óptima. Este enfoque involucra la codificación de los parámetros más que el trabajo mismo de los parámetros. Los algoritmos genéticos operan seleccionando un grupo de los parámetros codificados con el mayor grado de aproximación a la mejor solución, y realiza una combinación de apareamiento, cruzado y operaciones de mutación en ellos para generar el mejor grupo de parámetros codificados. Los algoritmos genéticos son simples de implementar y tienen la capacidad de hallar una solución óptima global [5].

Sistemas expertos

Los sistemas expertos consisten en una colección de reglas, conocimientos y una máquina de inferencia que realiza un razonamiento lógico. El concepto de los sistemas expertos ha sido útil para los problemas de sistema potencia que requieren tomas de decisiones, juicios basados en la experiencia, o en áreas heurísticas. La mayoría de los sistemas expertos son empleados en el área de la ingeniería para aplicaciones como diagnóstico de fallas, planeamiento y programación [5].

Recocido simulado

Es un algoritmo iterativo de optimización basado en el recocido de sólidos. Cuando un material es recocido, este es calentado a alta temperatura y enfriado lentamente de acuerdo con una programación hasta alcanzar un estado deseado. En la temperatura más alta, las partículas del material se sitúan en una disposición aleatoria. Al ser el material enfriado, las partículas se organizan en estructuras con un mínimo de energía. Para el problema de localización de banco de condensadores, la función de costo total es formulada como una función de ahorro. Análogo a alcanzar un estado de energía mínima en el recocido de los sólidos, [23] emplea recocido simulado para minimizar el costo total de la función dada por:

$$C_{\text{total}} = C_{\text{pico}} + C_{\text{energía}} + C_{\text{instalación}} \quad (3)$$

Donde C_{pico} es el costo del pico de las pérdidas de potencia, $C_{\text{energía}}$ es el costo de la pérdida de energía, y $C_{\text{instalación}}$ es el costo de instalación de los bancos de condensadores [5].

Redes Neuronales Artificiales

Una red neuronal artificial es la conexión artificial de neuronas que simulan el sistema nervioso del ser humano. Las redes neuronales artificiales son útiles para relacionar entradas y salidas de sistemas no lineales. Típicamente consisten en tres tipos de capas: capa de entrada, una o más capas ocultas y una capa de salida. Las redes neuronales artificiales aceptan valores de entrada conocidos y minimiza la diferencia entre las salidas conocidas y las salidas generadas. La relación entre los valores de entrada y salida están embebidos como parámetros en las capas ocultas. Los patrones correctos de salida pueden ser generados por una red neuronal artificial si se tienen suficientes capas ocultas y nodos para codificar el patrón de entrada . salida, y suficiente información para entrenar la red neuronal artificial. Una vez que la red este entrenada, esta puede proveer rápidos resultados dados por un grupo de valores de entrada [5].

Teoría Difusa

El concepto de teoría difusa fue introducido por Zadhe [24] en 1965 como una herramienta formal para tratar con modelados inciertos y suaves. Una variable difusa es modelada como una función miembro la cual asigna un grado de pertenencia en un conjunto. Usualmente, este grado de pertenencia varía entre cero y uno. Chin [25] empleo teoría difusa y asigno tres funciones miembro para describir las pérdidas de potencia, desviaciones en las tensiones de barras y distorsión armónica. Una variable de decisión para determinar los nodos para la localización de los bancos de condensadores es calculada tomando la intersección de las tres funciones miembro para cada nodo en el sistema de distribución. Los nodos con los valores de mayores de decisión son seleccionados para la instalación de los bancos de condensadores [5].

Todos los métodos que emplean inteligencia artificial pueden ser implementados usando paquetes comerciales disponibles o pueden ser codificados empleando cualquier lenguaje de programación con relativa facilidad. Para las técnicas que emplean algoritmos genéticos, recocido simulado o redes neuronales artificiales el usuario puede encontrar problemas de no convergencias que pueden ser molestos rectificar. Para aplicaciones en línea, las redes neuronales artificiales solo pueden ser empleadas para una carga patrón en particular. Estas redes deben ser entrenadas para cada distinto grupo de curvas de carga del sistema de distribución [5].

Para la solución del problema se opta por emplear algoritmos genéticos para la maximización de la función objetivo acompañado del criterio de VPN (valor presente neto) del sistema de distribución con la finalidad de evaluar la viabilidad económica del proyecto de instalación de bancos de condensadores en bornes de baja tensión de los transformadores de distribución. El VPN permite evaluar durante todo ciclo del proyecto año a año los costos de inversión e ingresos permitiendo estimar si es conveniente económicamente o no la instalación de los bancos de condensadores. En los siguientes capítulos se desarrolla esta metodología y se aplica a un sistema de distribución radial en particular.

2. MÉTODO PARA LA LOCALIZACIÓN ÓPTIMA DE BANCOS DE CONDENSADORES EN TRANSFORMADORES PARA LA REDUCCIÓN DE PÉRDIDAS DE POTENCIA EN SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN CON CONFIGURACIÓN RADIAL

En este capítulo se muestra la implementación de un método para la localización óptima de bancos de condensadores en transformadores para la reducción de pérdidas de potencia en sistemas de distribución radial.

Para la implementación del método se empleó parte del sistema radial de distribución de Macau descrito en el artículo "Optimal capacitor placement to distribution transformer for power loss reduction in radial distribution systems", publicado en la revista seriada IEEE Transactions on Power Systems Vol 28, No 4, November 2013. De acuerdo al documento se adopta el criterio de valor presente neto (VPN) para evaluar el costo-beneficio de la instalación de los bancos de condensadores en el sistema de distribución. El objetivo es maximizar el VPN de la red de distribución considerando costos de ahorros de energía, costos de instalación y mantenimiento de los bancos de condensadores a lo largo del ciclo de vida del proyecto [3].

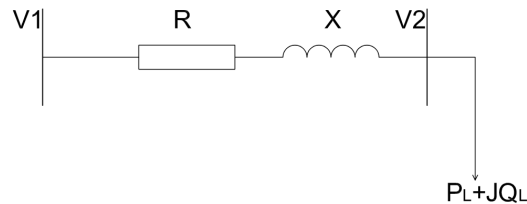
Inicialmente se calculan las pérdidas de potencia en el sistema de distribución, después la ubicación óptima de bancos de condensadores es formulada como un problema de optimización entero mixto en donde se maximiza el VPN de la red de distribución, se encuentra una solución al problema y finalmente se evalúa si el VPN es viable para implementar la instalación de los bancos de condensadores en la red de distribución radial del sistema.

A continuación, se detalla cada una de las etapas de este proceso:

- a) Cálculo de las pérdidas de potencia en redes de distribución radial.

Un transformador de distribución puede ser eléctricamente modelado como en la siguiente figura:

Figura 1. Modelo equivalente del transformador



Tomado de IEEE Transactions on Power Systems, Vol 28, No. 4. Pág 4074

En donde I es la corriente que circula a través del transformador, R y X es la resistencia y reactancia respectivamente, V_1 y V_2 son la magnitud de tensión en el lado de alta y de baja del transformador respectivamente. Las pérdidas de potencia en un conductor se pueden descomponer en dos partes, una causada por la componente activa y la otra causada por la componente reactiva.

$$P_{\text{pérdidas}} = I^2 R + I^2 X$$

$$P_{\text{pérdidas}} = I^2 R + I^2 X = P_{\text{pérdidas, activa}} + P_{\text{pérdidas, reactiva}} \quad (4)$$

En el caso del transformador de distribución mostrado en la figura, la pérdida de potencia es la siguiente:

$$P_{\text{pérdidas}} = I^2 R + I^2 X \quad (2)$$

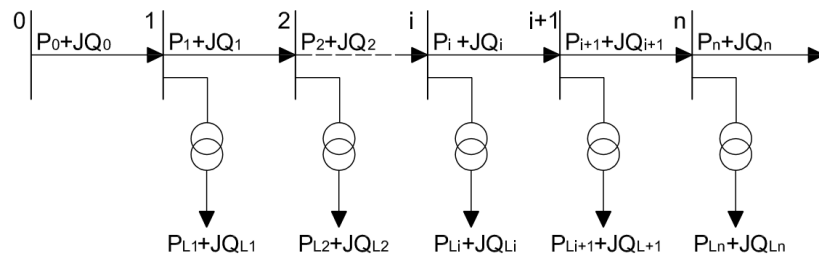
$$P_{\text{pérdidas}} = \frac{I^2 R}{1} * I + \frac{I^2 X}{1} * I \quad (5)$$

Los bancos de condensadores cuando son instalados en el lado de baja tensión del transformador pueden compensar directamente la demanda de la potencia reactiva, conduciendo a una reducción de $P_{\text{pérdidas, reactiva}}$. Se asume que el sistema de distribución es balanceado y las corrientes armónicas no se consideran.

Dado un alimentador con muchos transformadores como en el de la figura dos, la pérdida de potencia $P_{pérdida, i}$ de la sección de línea conectada entre el nodo i y el nodo $i+1$ se puede calcular de la siguiente manera:

$$P_{pérdida, i} = P_{i+1} - P_i = \frac{R_{i,i+1}}{V_i^2} * P_{i,i+1} \quad (6)$$

Figura 2. Diagrama unifilar de alimentadores en el sistema de distribución radial



Tomado de IEEE Transactions on Power Systems, Vol 28, No. 4. Pág 4074

Donde $R_{i,i+1}$ es la resistencia de la sección de línea entre en nodo i y el nodo $i+1$, V_i es la magnitud de tensión en el nodo de alta del transformador de distribución $T_{i,i}$ y $P_{i,i}$ es la potencia reactiva total fluyendo fuera del nodo i y puede ser calculada de la siguiente manera:

$$P_{i,i} = \sum_{j=i+1}^n P_{i,j} \quad (7)$$

En donde $P_{i,i}$ es la carga de potencia reactiva en el transformador $T_{i,i}$

La pérdida total causada por una demanda reactiva en el sistema de distribución se puede calcular de la siguiente forma:

$$P_{pérdida, total} = \sum_{i=0}^{n-1} \frac{R_{i,i+1}}{V_i^2} P_{i,i+1} + \sum_{i=0}^{n-1} \frac{R_{i,i+1}}{V_i^2} P_{i,i+1} (V_i^2 + 1)$$

$$P_{\text{pérdida}} = \sum_{i=1}^n P_{\text{pérdida}}^i * \Delta t + \sum_{i=1}^n \frac{P_{\text{pérdida}}^i}{\Delta t} * \Delta t * \Delta t \quad (8)$$

En donde $P_{\text{pérdida}}^i$ y Δt se determinan con valores iniciales con el flujo de carga.

El costo anual en dinero debido a la pérdida de potencia se calcula de la siguiente manera:

$$C_{\text{pérdida}} = P_{\text{pérdida}} * \Delta t * \Delta t * 8760 \quad (9)$$

Donde Δt es el costo de la energía $\$/\text{kWh}$ 8760 corresponde al número de horas anuales del servicio de energía. Se debe de realizar la advertencia que los autores del artículo "Optimal capacitor placement to distribution transformer for power loss reduction in radial distribution systems", estimaron carga constante durante todo el año en los nodos donde se encuentran instalados los transformadores de distribución. Con la finalidad de implementar esta metodología en un ambiente real se hace pertinente la caracterización de la carga en cada uno de los nodos con la finalidad de tener una mayor aproximación a las pérdidas en el sistema de distribución y así obtener una mejor implementación del proyecto de instalación de bancos de condensadores.

El factor de pérdidas $K_{\text{pérdida}}$ es la relación entre la pérdida promedio de potencia y pérdida de potencia pico dado por:

$$K_{\text{pérdida}} = \frac{P_{\text{pérdida}}}{P_{\text{pérdida}}^{\text{pico}}} \quad (10)$$

Para calcular $K_{\text{pérdida}}$, un segmento del perfil de carga histórico de cierto periodo es obtenido de bases de datos, y la pérdida de potencia en cada momento es calculada corriendo un flujo de carga. Las pérdidas de potencia pico $P_{\text{pérdida}}^{\text{pico}}$ es la pérdida de potencia en el pico de carga y la pérdida de potencia promedio $P_{\text{pérdida}}$ es el valor promedio de todos los valores en los instantes de tiempo.

La pérdida de potencia reactiva después de la instalación de los bancos de condensadores es la siguiente:

$$Q'_{\text{reactiva}} = \sum_{i=1}^n \frac{Q_{\text{reactiva}}^2}{C_{\text{condensador}}} + \sum_{i=1}^n \frac{Q_{\text{reactiva}}^2 (Q_{\text{reactiva}} + Q_{\text{condensador}})}{C_{\text{condensador}}} * X_{\text{reactiva}} \quad (11)$$

Donde $C_{\text{condensador}}$ es la capacidad del banco de condensadores y X_{reactiva} es la variable de decisión binaria que indica en que nodos se deben instalar los bancos de condensadores. El producto de $C_{\text{condensador}}$ y X_{reactiva} es igual a la potencia reactiva compensada para el transformador.

b) Análisis del valor presente neto (VPN)

Con la finalidad de evaluar el valor económico de la instalación de los bancos en el proyecto, es necesario comparar los ingresos esperados y los costos de inversión a través de todo el ciclo de vida del proyecto.

El criterio adoptado es el análisis costo beneficio del proyecto. El VPN descuenta cada año el dinero invertido año a año y lo lleva a un momento en el presente para después deducir la inversión inicial, ofreciendo un valor neto del proyecto en el presente en dinero. Cuando el VPN es positivo, significa que el proyecto le agrega valor a la utilidad, lo cual es financieramente atractivo y puede ser aceptado.

Después de la instalación de los bancos de condensadores, el nuevo costo anual en dinero es el siguiente:

$$C'_{\text{anual}} = C_{\text{operación}} * X_{\text{condensador}} * X_{\text{transformador}} * 8760 \quad (12)$$

El ahorro anual instalando los bancos de condensadores en los transformadores se puede expresar como:

$$A_{\text{anual}} = C_{\text{operación}} - C'_{\text{anual}} \quad (13)$$

Considerando el costo de operación y mantenimiento $C_{\text{operación}}$ de los bancos de condensadores, el lucro anual debe ser:

$$\pi_{\text{neto}} = \pi_{\text{bruto}} - \text{CM}_{\text{BC}} \quad (14)$$

En donde π_{neto} es el lucro anual neto de la red de distribución con la instalación de los bancos de condensadores, π_{bruto} es el ahorro anual neto y CM_{BC} es el costo de operación y mantenimiento de los bancos de condensadores.

El costo de operación y mantenimiento es calculado como:

$$\text{CM}_{\text{BC}} = \sum_{\text{transformadores}} \text{CM}_{\text{BC}} * \pi_{\text{neto}} \quad (15)$$

En donde CM_{BC} es el costo anual de la operación y mantenimiento de los bancos de condensadores en cada transformador en dinero.

Para el proyecto de instalación de bancos de condensadores, el VPN puede ser calculado de la siguiente manera:

$$\text{VPN} = \sum_{\text{años}} \frac{\pi_{\text{neto}}}{(1+i)^t} - \text{CI} \quad (16)$$

Donde π_{neto} es el flujo de dinero en años t , i es la tasa de descuento, n corresponde a la expectativa del ciclo de vida del proyecto, y CI representa el costo total de inversión inicial que incluye el valor de compra e instalación de los bancos de condensadores.

$$\text{CI} = \text{CC} + \text{CI}_{\text{BC}} \quad (17)$$

$$\text{CC} = \sum_{\text{transformadores}} \text{CC} * \pi_{\text{neto}} \quad (18)$$

$$\text{CI}_{\text{BC}} = \sum_{\text{transformadores}} \text{CI}_{\text{BC}} * \pi_{\text{neto}} \quad (19)$$

Donde CC representa el costo de compra y CI_{BC} el costo de instalación de los bancos de condensadores.

c) Formulación del modelo a optimizar

El modelo matemático de la instalación de los bancos de condensadores es el de maximizar el VPN.

$$\max \sum_{i=1}^n \frac{P_{i, \text{max}}}{V_i^2} \quad (20)$$

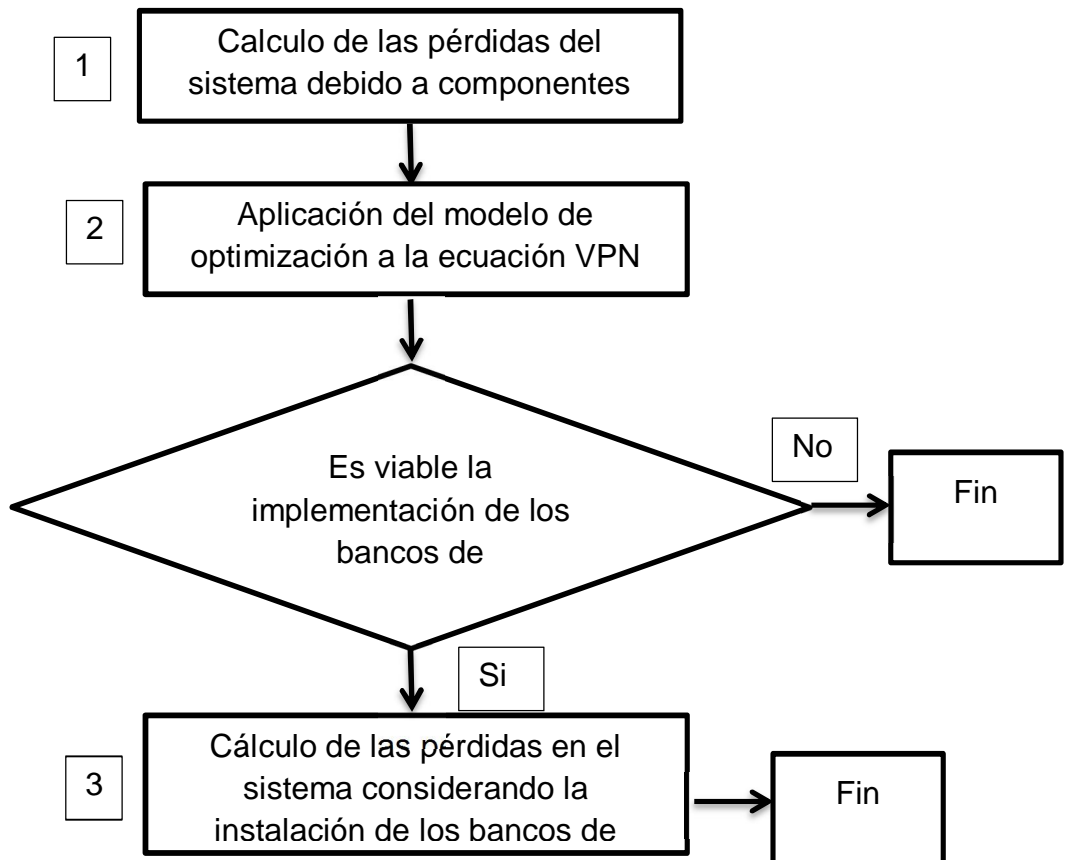
Sujeto a la siguiente restricción:

$$0 \leq Q_i \leq Q_{i, \text{max}} \quad (21)$$

Lo cual indica que los bancos de condensadores a instalar debe compensar como máximo la carga reactiva demanda por el transformador de distribución.

El diagrama de flujo de la localización óptima de los bancos de condensadores es la siguiente:

Figura 3. Diagrama de flujo localización óptima de bancos de condensadores



En la primera etapa se pueden obtener las pérdidas reactivas a través de la fórmula (8) o empleando el software ATP simulando el sistema de distribución con los parámetros de líneas, transformadores y en donde se debe de considerar únicamente las componentes reactivas, más no las activas de las cargas alimentadas por el sistema; esto con la finalidad de hallar las pérdidas de potencia debido al componente reactivo.

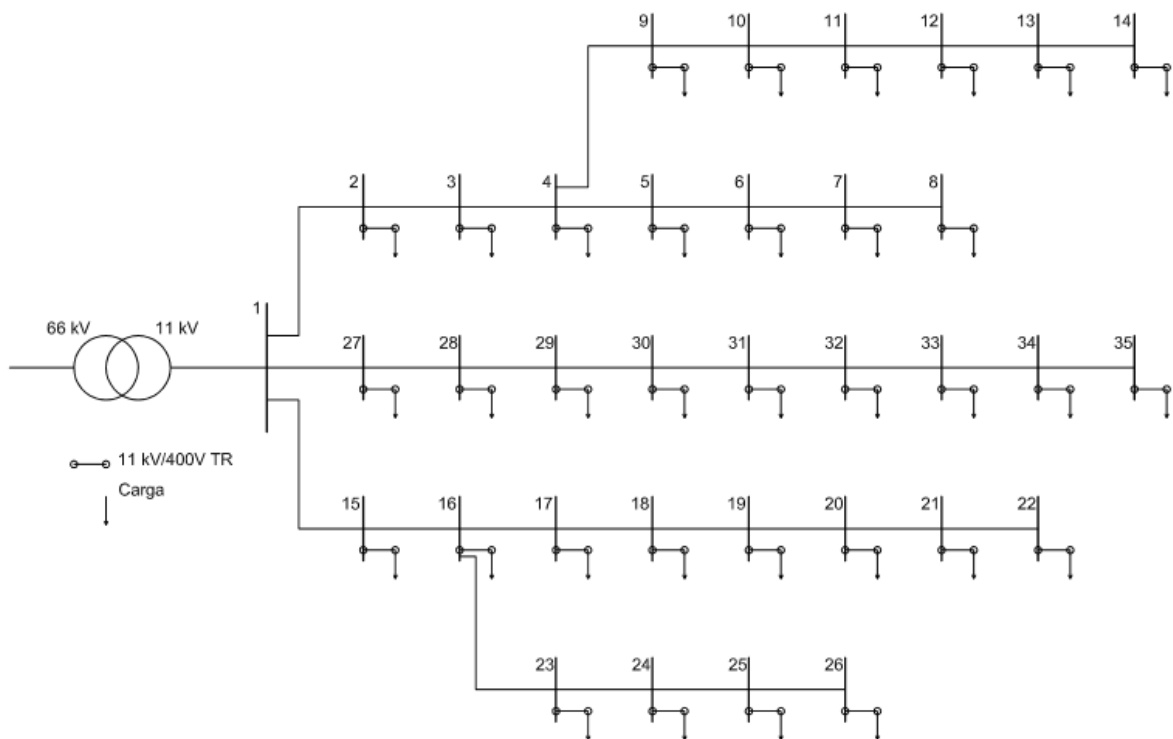
En la segunda etapa se maximiza la función de valor presente neto de la red de distribución considerando la instalación de los bancos de condensadores. En la presente monografía se empleó el software Matlab que incluye el paquete ***optimtool***, en donde se emplean algoritmos genéticos para hallar una solución global al problema de localización óptima de bancos de condensadores. En este punto se evalúa si la instalación de los bancos de condensadores es económicamente viable o no para el proyecto.

La tercera etapa consiste nuevamente en calcular las pérdidas de potencia considerando la instalación de los bancos de condensadores con la finalidad de hallar el ahorro en potencia reactiva. Esta parte se realizó empleando el software ATP y la solución de la función de optimización (ubicación y capacidad de los bancos de condensadores en el sistema de distribución).

3. IMPLEMENTACIÓN Y RESULTADOS DEL MÉTODO PARA LA LOCALIZACIÓN ÓPTIMA DE BANCOS DE CONDENSADORES

Para la simulación de la metodología se empleó parte de la red de distribución de media tensión de Macau.

Figura 4. Sistema de distribución de configuración radial de Macau



Tomado de IEEE Transactions on Power Systems, Vol 28, No. 4. Pág 4077

Este sistema de distribución está compuesto por 34 transformadores y 5 alimentadores. La potencia base es 100 MVA , la tensión base es de 11 kV , y la tensión en el nodo 1 es de 1.01 p.u

Los parámetros de las líneas y transformadores de distribución se muestran en las tablas T1 y T2 se presentan a continuación.

Tabla 1. Parámetros de las líneas

LÍNEAS				
Sección de línea		R (p.u)	X(p.u)	
Inicio línea	Fin línea			
1	2	0,009686	0,015187	
2	3	0,006954	0,010904	
3	4	0,006209	0,009736	
4	5	0,011672	0,018303	
5	6	0,011672	0,018303	
6	7	0,003229	0,000506	
7	8	0,007699	0,012072	
4	9	0,003229	0,000506	
9	10	0,017136	0,02687	
10	11	0,009686	0,015187	
11	12	0,006954	0,015187	
12	13	0,006209	0,009736	
13	14	0,011672	0,018303	
1	15	0,040977	0,068543	
15	16	0,029802	0,04985	
16	17	0,010927	0,018278	
17	18	0,023593	0,039464	
18	19	0,007947	0,013293	
19	20	0,0226	0,037803	
20	21	0,00596	0,00997	
21	22	0,000993	0,001558	
16	23	0,004222	0,00662	
23	24	0,006209	0,009736	
24	25	0,006954	0,010904	
25	26	0,00447	0,00701	
1	27	0,009934	0,015577	
27	28	0,00298	0,004673	
28	29	0,009934	0,015577	
29	30	0,005464	0,008567	
30	31	0,011424	0,017913	
31	32	0,001987	0,003115	
32	33	0,006457	0,010125	
33	34	0,00298	0,004673	
34	35	0,00298	0,004673	

Tomado de IEEE Transactions on Power Systems, Vol 28, No. 4. Pág 4077

Tabla 2. Parámetros de los transformadores

TRANSFORMADORES				
TR nodo	Carga pico		R (p.u)	Q (p.u)
	P (kW)	Q (kVAR)		
2	19	11,7	0,71875000	0,06000000
3	409,1	254,2	1,28000000	0,06000000
4	260,9	203	0,71875000	0,06000000
5	547,7	243,3	0,71875000	0,06000000
6	185,4	153,4	0,71875000	0,06000000
7	260,1	146,1	1,83925400	0,04000000
8	445,1	157,4	1,28000000	0,06000000
9	493,1	203	1,28000000	0,06000000
10	186,3	67,7	1,28000000	0,06000000
11	342,8	149,3	1,83925400	0,04000000
12	319,8	113,1	1,83925400	0,04000000
13	68,2	21,9	1,28000000	0,06000000
14	244,2	87	1,28000000	0,06000000
15	499,4	196,5	0,71875000	0,06000000
16	717,5	406,1	0,71875000	0,06000000
17	659,5	431,7	0,71875000	0,06000000
18	765,6	348,4	0,71875000	0,06000000
19	873,5	551,9	0,71875000	0,06000000
20	830,6	253	0,71875000	0,06000000
21	988	280,5	0,71875000	0,06000000
22	346,6	163	1,28000000	0,06000000
23	138,8	45,9	1,83925400	0,04000000
24	183	41,2	1,83925400	0,04000000
25	839,6	190,7	0,71875000	0,06000000
26	13,9	4,3	0,71875000	0,06000000
27	112,5	14	1,28000000	0,06000000
28	86,1	16,2	1,28000000	0,06000000
29	774,6	358,1	0,71875000	0,06000000
30	461,1	175,8	0,71875000	0,06000000
31	242,2	59,5	0,71875000	0,06000000
32	48,1	0,1	1,83925400	0,04000000
33	348,2	106,7	1,28000000	0,06000000
34	0,7	0,8	1,28000000	0,06000000
35	394,8	126,6	1,28000000	0,06000000

Tomado de IEEE Transactions on Power Systems, Vol 28, No. 4. Pág 4077

De acuerdo a las etapas de la metodología mostrada en la figura 3 se proceden a calcular las pérdidas de potencia en el sistema de distribución a partir de los flujos

de potencia reactiva únicamente. Para obtener este valor se puede emplear la ecuación (18) la cual calcula directamente las pérdidas de potencia en el sistema de distribución o el programa ATP indicando que la componente activa de las cargas es nula con la finalidad de estimar las pérdidas de potencia debido a componentes reactivos.

El cálculo que se obtuvo corriendo flujo de carga en ATP fue el siguiente:

$$P_{\text{pérdidas}} = 29,030 \text{ kW} \quad (29030 \text{ W}).$$

Figura 5. Pérdidas de potencia debido a componentes reactivas en ATP

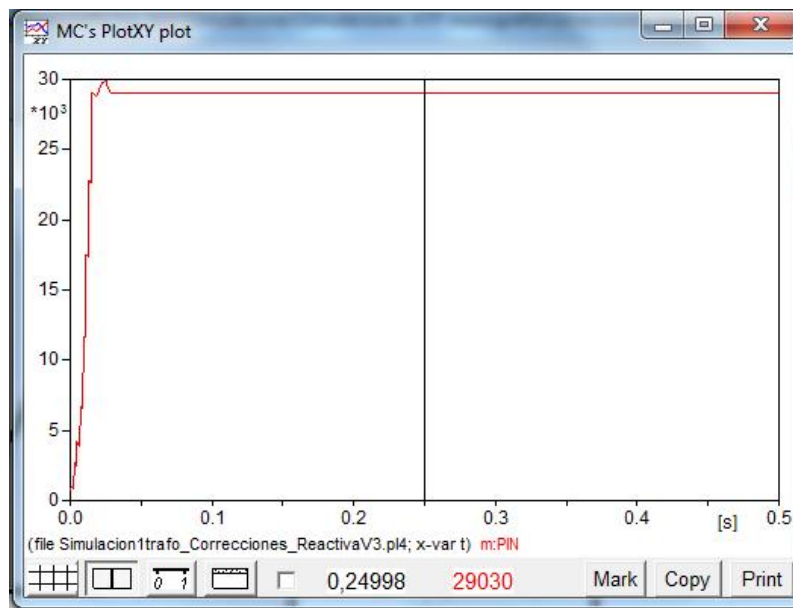


Imagen tomada del software ATP Draw.

Figura 6. Sistema de distribución radial de Macau en ATP

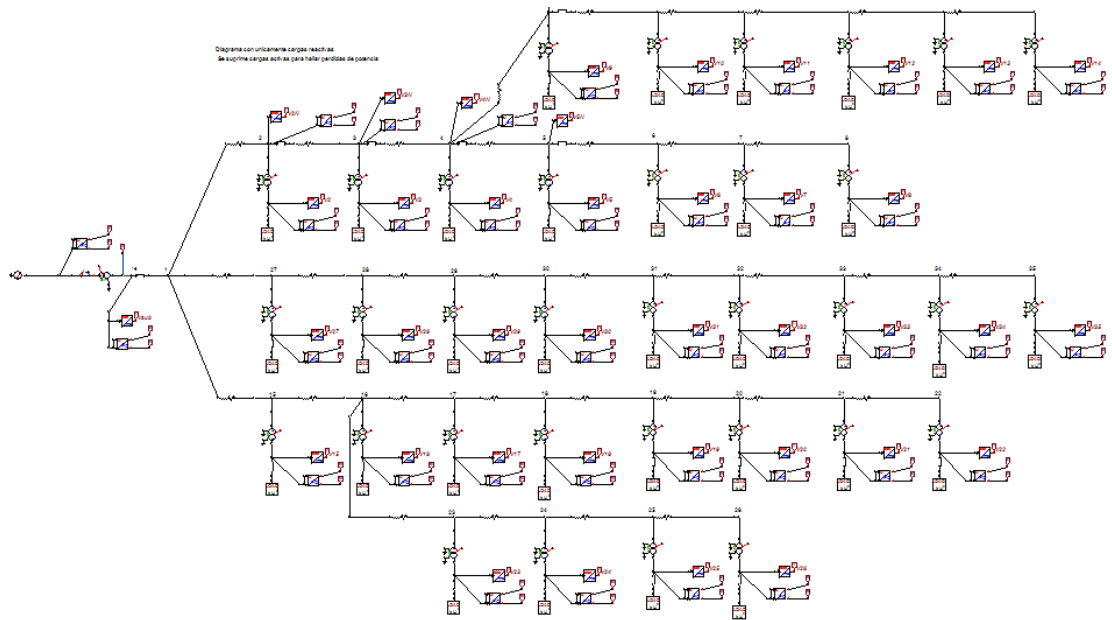


Imagen tomada del software ATP Draw.

Se tiene en cuenta la siguiente información del sistema:

Tabla 3. Parámetros del sistema de distribución

Parametro	Simbolo	Valor
Costo de compra bancos de condensadores	K_p	5000
Costo de instalación bancos de condensadores por transformador	K_i	7500
Costo de O&M de bancos de capacitores por transformador (\$/año)	O_{mt}	800
Costo de la energía (\$/kWh)	K_e	1.136
Duración del proyecto (año)	T	10
Factor de pérdidas	F_{loss}	0,554
Tasa de descuento	d	7%

Tomado de IEEE Transactions on Power Systems, Vol 28, No. 4. Pág 4077

Se procede a maximizar la función del VPN, ecuación (20) del sistema de distribución con la ayuda de la herramienta **Optimtool** del software Matlab. Se

emplea las técnicas de algoritmos genéticos para maximizar la función objetivo planteada en el problema de localización de bancos de condensadores .

La herramienta **Optimtool** ofrece una interfaz de usuario (GUI) en la que podemos seleccionar múltiples algoritmos para solucionar problemas.

Figura 7. Interfaz de usuario toolbox Optimtool

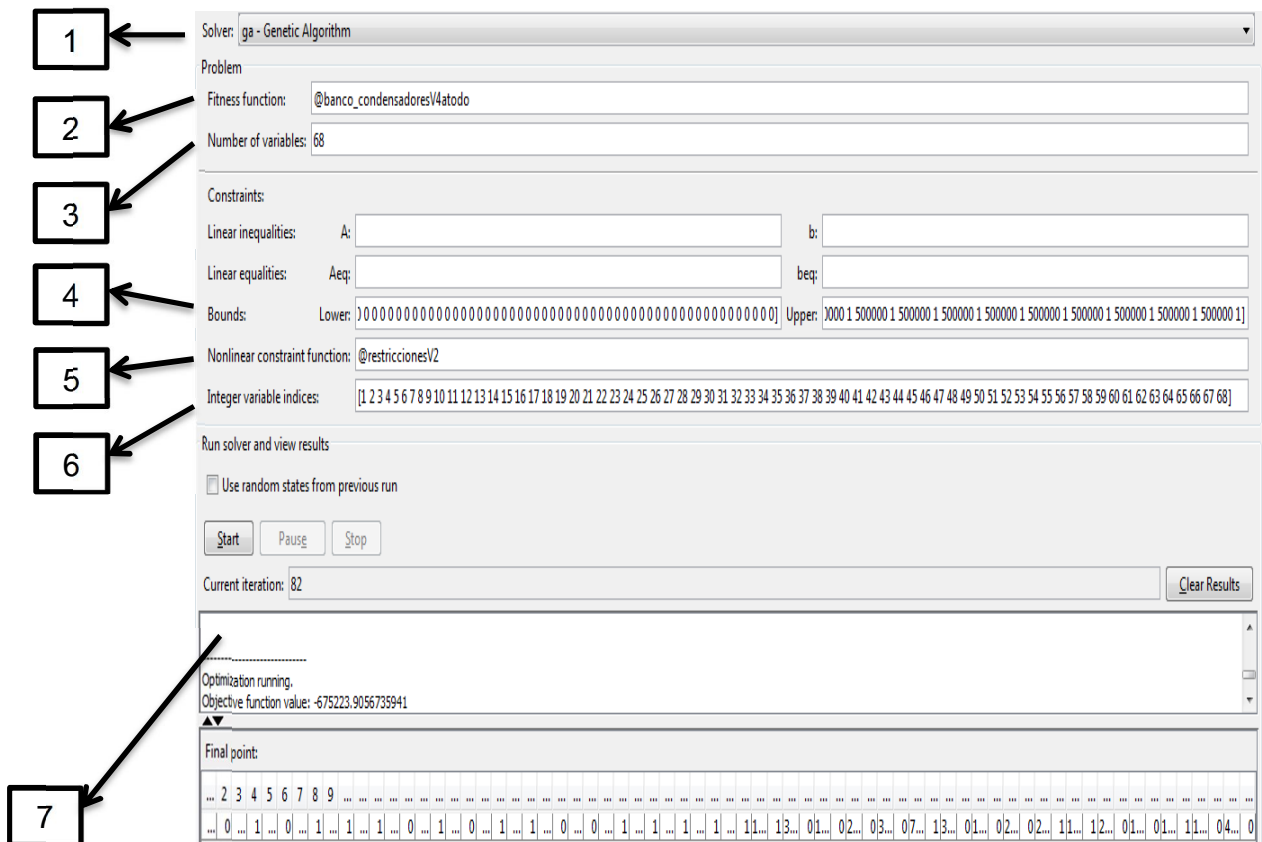


Imagen tomada Software Matlab.

1. Solver: es el algoritmo que se emplea para maximizar o minimizar una función objetivo. Matlab opera con distintos algoritmos para la solución de problemas. Estos algoritmos incluyen funciones de programación lineal, programación cuadrática, programación entera binaria, optimización no

lineal, y optimización multiobjetivo. Para el presente caso se tiene una optimización con un solo objetivo y es el de maximizar la función de VPN de la red de distribución radial. Se emplea algoritmos genéticos para solución del problema.

2. Fitness Function: es la función objetivo que se quiere minimizar. En la presente monografía se escribe la función de VPN a maximizar en archivo de matlab de extensión .m (Banco_condensadoresV4atodo)
3. Number of variables: corresponde al número de variables que contiene la función objetivo. Esta función contiene 68 variables, 34 variables (variable entera) que indican la capacidad del banco de condensadores en cada nodo y 34 variables de decisión (variable binaria) que indican si es necesario o no la instalación de los bancos de condensadores en el nodo (cero si no es necesario instalar y 1 para el caso contrario).
4. Bounds: indica los límites superior e inferior que tiene cada variable del problema. Para el problema el límite inferior y superior de la variable de decisión binaria es y cero y uno; y para la variable de capacidad del banco de condensadores es 0 kVAR y 500 kVAR . Estas restricciones se deben ingresar directamente como un vector en el espacio indicado.
5. Nonlinear constraint function: define las restricciones de la función objetivo. En matlab se escriben como un vector en un archivo con extensión .m. Para el problema corresponde a la restricción de capacidad de los bancos de condensadores, es decir a la expresión (21) del texto.
6. Integer variable indices: indica cuales son las variables a maximizar. Para el problema corresponde a todas las 68 variables.

7. Visualizador de resultados: espacio en el que se visualiza el estado del proceso de optimización y la solución del problema.

Se obtiene un valor presente neto de 675.223 dólares, el cual es un valor que representa la viabilidad de implementar los bancos de condensadores en la red de distribución.

La solución obtenida indica que se deben instalar bancos de condensadores en los siguientes nodos:

Tabla 4. Resultados del proceso de optimización

Nodo	Variable Xi	Capacidad (kVAR)
3	1	116,586
5	1	79,995
7	1	72,582
9	1	52,405
11	1	75,908
16	1	113,798
17	1	220,924
18	1	203,5
19	1	279,269
21	1	194,109
22	1	134,299
25	1	159,085
29	1	232,486
33	1	105,946
35	1	49,776
otros nodos	0	

Con la finalidad de verificar la cantidad de energía reactiva ahorrada por la implementación de los bancos de condensadores se corre el flujo de carga con

los bancos de condensadores instalados en los nodos descritos en la tabla anterior.

$$P_{\text{perdidas}} = 5,706 \text{ MW (sin bancos de condensadores)}$$

$$P_{\text{perdidas}} = 3,5793 \text{ MW (con bancos de condensadores)}$$

Se aprecia una diferencia de 2,1267 MW debido a la instalación de los bancos de condensadores.

Adicional se verifican las pérdidas de potencia en el sistema con la instalación de los bancos de condensadores a través del software ATP y una reducción de 33,371 kW, este valor se estimó realizando la diferencia entre la potencia de entrada al sistema de distribución sin bancos de condensadores y la potencia de entrada al sistema de distribución con bancos de condensadores.

4. CONCLUSIONES

Se identificaron las diferentes técnicas de localización de bancos de condensadores para la reducción de las pérdidas de potencia, permitiendo agruparlas en 4 categorías: métodos analíticos, métodos de programación numérica, métodos heurísticos y métodos basados en inteligencia artificial. Los avances y mejoramientos en las soluciones encontradas van de la mano con los progresos de los sistemas de cómputo y la capacidad de almacenamiento de los sistemas de información. La metodología empleada en esta monografía corresponde al segmento de métodos de inteligencia artificial (algoritmos genéticos) que se caracteriza por su fácil implementación y por generar una solución global al problema de optimización.

La implementación de esta metodología permite estimar la viabilidad económica de la localización de bancos de condensadores en un sistema de distribución. Esto se puede realizar con la ayuda de software como Matlab para la optimización del problema y el software ATP-EMTP para la simulación del sistema de distribución. El criterio del valor presente neto permite cuantificar a un valor presente la utilidad o gastos en cuanto a potencia reactiva que se generarían en un determinado periodo de tiempo, permitiendo vislumbrar si el proyecto es viable o no desde un punto de vista económico. A pesar que la función de maximización considera parámetros de líneas, parámetros de transformadores, costo de compra e instalación de bancos de condensadores; es posible considerar costos adicionales propios del sistema de distribución (costos de indisponibilidad de la red de distribución por la instalación de banco de condensadores, reducción del dimensionamiento de las redes de distribución gracias a la compensación de energía reactiva).

El documento propone una metodología que ha sido publicada en la revista seriada IEEE Transactions on Power Systems y fue implementada en el sistema

de distribución de Macau, obteniendo resultados positivos para la implementación de los bancos de condensadores en la red de distribución. Esto es un incentivo y propone a los operadores de red nacional implementar esta metodología en sus sistemas de distribución y evaluar si es viable la implementación de bancos de condensadores en sus transformadores de distribución para la reducción de pérdidas de energía.

La consulta y estudio de las diferentes metodologías para la localización de bancos de condensadores e implementación de una de ellas en un sistema de distribución ha sido un gran complemento a la especialización de sistemas de distribución de energía eléctrica que conllevó a un mayor acercamiento con programas de simulación de sistemas de potencia como el ATP permitiendo simular fenómenos eléctricos que facilitan de gran manera la toma de decisiones en esta área de la ingeniería eléctrica.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Diana P. Montoya, Juan M. Ramirez, "Reconfiguration and optimal capacitor placement for losses reduction," Transmission and Distribution Conference and Exposition (T&D-LA), 2012 Sixth IEE/PES, Montevideo, 2012, pp1.
- [2] Alberto Tama Franco, "Pérdidas de Energía Eléctrica," Revista CRIEEL ed 33. Indd 17 Ene 2014.
- [3] Yan Xu, Zhao Yang Dong, and Kit Po Wong, Evan Liu, Benjamin Yue "Optimal Capacitor Placement to Distribution Transformers for Power Loss Reduction in Radial Distribution Systems," IEEE trans. Power app. Syst., vol 28, no. 2, p4073 , Nov 2013.
- [4] P.R. Barners, J.W. VanDyke, B. W. McConnell, S. M. Cohn, and S. L. Purucker, "The feasibility of upgrading utility distribution transformers during routing maintenance," Tech. Rep. ORNL-6804/R1, Feb 2015.
- [5] H. N. Ng, M. M. A. Salama and A. Y. Chikhani "Classification of Capacitor allocation Techniques," IEEE transactions on power delivery Vol. 15, No 1. p 387 January 2000.
- [6] N. M. Neagle and D.R. Samson, "Loss reduction from capacitors installed on primary feeders," AIEE Trans. , vol 75, pp 950-959, oct 1956.
- [7] R. F. Cook, "Analysis of capacitor application as a effected by load cycle," AIEE Trans. , vol 78, pp 950-957, oct 1959.
- [8] J. V. Schmill, "Optimum size and location of shunt capacitors on distribution feeders," IEEE Trans. Power Apparatus and Systems, vol. 84, no.9, pp.825 . 832, Sept 1965.

- [9] N. E. Chang, "Locating shunt capacitors on primary feeder for voltage control and loss reduction," IEEE Trans. Power Apparatus and Systems, vol. 88, no.10, pp.1574 . 1577, Oct 1969.
- [10] "Generalized equations on loss reduction with shunt capacitors," IEEE Trans. Power Apparatus and Systems, vol. 91, no.9, pp.1574 . 1577, 1969.
- [11] Y. G. Bae, "Analytical method of capacitor allocation on distribution primary feeders," IEEE Trans. Power Apparatus and Systems, vol. 97, no.11, pp.1232 . 1238, July/Aug 1978.
- [12] S. H. Lee and J.J. Grainger, "Optimum placement of fixed and switched capacitors on primary distribution feeders," IEEE Trans. Power Apparatus and Systems, vol. 100, no.1, pp.345 . 352, Jan. 1981.
- [13] J.J. Grainger and S.H. Lee, "Optimum size and location of shunt capacitors for reduction losses on distribution feeders," IEEE Trans. Power Apparatus and Systems, vol. 100, no.3, pp.1105 . 1118, Mar. 1981.
- [14] M. M. A. Salama, A. Y. Chikhani, and R. Hackman, "Control of reactive power in distribution systems with an end-load and fixed load conditions," IEEE Trans. Power Apparatus and Systems, vol. 104, no. 10, pp.2779 . 2788, Oct. 1985.
- [15] M. M. A. Salama, E. A. A Mansour, A. Y, Chikhani, and R. Hackman, "Control of reactive power in distribution systems with an end-load and varying load conditions," IEEE Trans. Power Apparatus and Systems, vol. 104, no. 4, pp.941 . 947, Apr. 1985.
- [16] S. H. Lee and J. J. Grainger, "Optimum placement of fixed and switched capacitors on primary distribution feeders," IEEE Trans. Power Apparatus and Systems, vol. 100, no. 1, pp.345 . 352, Jan. 1981.

- [17] H. Duran, %Optimum number, location, and size of shunt capacitors in radial distribution feeders, A dynamic programming approach,+ IEEE Trans. Power Apparatus and Systems, vol. 87, no. 9, pp.1769 . 1774, Sept. 1968.
- [18] T. H. Fawasi, S. M. El-sobki, and M. A. Abdel-Halim, %New approach for the application of shunt capacitors to the primary distribution feeders,+ IEEE Trans. Power Apparatus and Systems, vol. 102, no. 1, pp.10 . 13, Jan. 1983.
- [19] M. E. Baran and F. F. Wu, %Optimal capacitor placement on radial distribution systems+IEEE Trans. Power Apparatus and Systems, vol. 4, no. 1, pp.725 . 734, Jan. 1989.
- [20] R. Baldick and F. F. Wu, %Efficient integer optimization algorithm for optimal coordination of capacitors and regulators,+IEEE Trans. Power Systems, vol. 5, no. 3, pp.805 . 812, Jan. 1990.
- [21] T. S Abdel - Salam A. Y. Chikhani and R. Hackman, %A new technique for loss reduction using compensating capacitors applied to distribution system with varying load condition, +IEEE Trans. Power Delivery, vol. 9, no. 2, pp.819 . 827, Apr. 1994.
- [22] M. Chis, M. M. A. Salama, and S. Jayaram, %Capacitor placement in distribution system using heuristic search strategies,+IEE proceedings Generation, Transmission and Distribution, vol. 144, no. 2, pp.225 . 230, May. 1994.
- [23] T. Ananthapadmanabha, A. D. Kulkarni, A. S. Gopala Rao and K. Raghavendra Rao, %knowledge-based expert system for optimal reactive power control in distribution system,+Electrical Power & Energy Systems, vol. 18, no. 1, pp.27 . 31, May. 1996.
- [24] L. A. Zadeh, %fuzzy sets,+Information and control, vol. 8, no. 1, pp.338 . 353.
- [25] H. C. Chin, %Optimal shunt capacitor allocation by fuzzy dynamic programming,+Electrical Power Systems Research, vol. 35, pp.133 . 139. 1995.

BIBLIOGRAFIA

ABDEL, T. S Abdel - Salam A. Y. Chikhani and R. Hackman, %A new technique for loss reduction using compensating capacitors applied to distribution system with varying load condition, +IEEE Trans. Power Delivery, vol. 9, no. 2, pp.819 . 827, Apr. 1994.

ANANTHAPADMANABHA, T.,A. D. Kulkarni, A. S. Gopala Rao and K. Raghavendra Rao, %knowledge-based expert system for optimal reactive power control in distribution system,+Electrical Power & Energy Systems, vol. 18, no. 1, pp.27 . 31, May. 1996.

BAE, Y. G, %Analytical method of capacitor allocation on distribution primary feeders,+IEEE Trans. Power Apparatus and Systems, vol. 97, no.11, pp.1232 . 1238, July/Aug 1978.

BALDICK, R. and F. F. Wu, %Efficient integer optimization algorithm for optimal coordination of capacitors and regulators,+IEEE Trans. Power Systems, vol. 5, no. 3, pp.805 . 812, Jan. 1990.

BARAN, M. E. and F. F. Wu, %Optimal capacitor placement on radial distribution systems+IEEE Trans. Power Apparatus and Systems, vol. 4, no. 1, pp.725 . 734, Jan. 1989.

BARNERS, P.R., J.W. VanDyke, B. W. McConnell, S. M. Cohn, and S. L. Purucker, %The feasibility of upgrading utility distribution transformers during routing maintenance+ Tech. Rep. ORNL-6804/R1, Feb 2015.

CHANG, N. E., %Locating shunt capacitors on primary feeder for voltage control and loss reduction,+IEEE Trans. Power Apparatus and Systems, vol. 88, no.10, pp.1574 . 1577, Oct 1969.

CHIN H. C., %Optimal shunt capacitor allocation by fuzzy dynamic programming,+ Electrical Power Systems Research, vol. 35, pp.133 . 139. 1995.

CHIS, M, M. M. A. Salama, and S. Jayaram, %Capacitor placement in distribution system using heuristic search strategies,+ IEE proceedings Generation, Transmission and Distribution, vol. 144, no. 2, pp.225 . 230, May. 1994.

COOK, R. F., %Analysis of capacitor application as a effected by load cycle,+AIEE Trans. vol 78, pp 950-957, oct 1959.

DURAN, H. %Optimum number, location, and size of shunt capacitors in radial distribution feeders, A dynamic programming approach,+ IEEE Trans. Power Apparatus and Systems, vol. 87, no. 9, pp.1769 . 1774, Sept. 1968.

FAWASI, T. H, S. M. El-sobki, and M. A. Abdel-Halim, %New approach for the application of shunt capacitors to the primary distribution feeders,+ IEEE Trans. Power Apparatus and Systems, vol. 102, no. 1, pp.10 . 13, Jan. 1983.

GRAINGER J.J. and S.H. Lee, %Optimum size and location of shunWt capacitors for reduction losses on distribution feeders,+ IEEE Trans. Power Apparatus and Systems, vol. 100, no.3, pp.1105 . 1118, Mar. 1981.

%Generalized equations on loss reduction with shunt capacitors,+ IEEE Trans. Power Apparatus and Systems, vol. 91, no.9, pp.1574 . 1577, 1969.

LEE, S. H. and J.J. Grainger, %Optimum placement of fixed and switched capacitors on primary distribution feeders,+ IEEE Trans. Power Apparatus and Systems, vol. 100, no.1, pp.345 . 352, Jan. 1981.

MONTOYA, Diana P., Juan M. Ramirez, %Reconfiguration and optimal capacitor placement for losses reduction+ Transmission and Distribution Conference and Exposition (T&D-LA), 2012 Sixth IEE/PES, Montevideo, 2012, pp1.

NEAGLE, N. M, and D.R. Samson, %Loss reduction from capacitors installed on primary feeders,+AIEE Trans. , vol 75, pp 950-959, oct 1956.

NG, H. N, M. M. A. Salama and A. Y. Chikhani %Classification of Capacitor allocation Techniques+IEEE transactions on power delivery Vol. 15, No 1. p 387 January 2000.

SALAMA, M. M. A, E. A. A Mansour, A. Y, Chikhani, and R. Hackman, %Control of reactive power in distribution systems with an end-load and varying load conditions,+IEEE Trans. Power Apparatus and Systems, vol. 104, no. 4, pp.941 . 947, Apr. 1985.

SALAMA, M. A. Salama, A. Y. Chikhani, and R. Hackman, %Control of reactive power in distribution systems with an end-load and fixed load conditions,+ IEEE Trans. Power Apparatus and Systems, vol. 104, no. 10, pp.2779 . 2788, Oct. 1985.

SCHMILL, J. V, %Optimum size and location of shunt capacitors on distribution feeders,+IEEE Trans. Power Apparatus and Systems, vol. 84, no.9, pp.825 . 832, Sept 1965.

TAMA, Alberto Franco, %Pérdidas de Energía Eléctrica,+Revista CRIEEL ed 33. Indd 17 Ene 2014.

XU, Yan Xu, Zhao Yang Dong, and Kit Po Wong, Evan Liu, Benjamin Yue %Optimal Capacitor Placement to Distribution Transformers for Power Loss Reduction in Radial Distribution Systems,+IEEE trans. Power app. Syst., vol 28, no. 2, p4073 , Nov 2013.

ZADEH, L. A, %Fuzzy sets,+Information and control, vol. 8, no. 1, pp.338 . 353.

ANEXOS

Anexo A. Función objetivo a maximizar en Matlab

```
% Función valor presente de red a maximizar.
function r = banco_condensadoresV4atodo(x)

r = (((-159878.54976+(...
    (0.8696875*((11700-x(1)*x(2))/(11000))^2)+... % TR2
    (1.5488*((254200-x(3)*x(4))/(11000))^2)+... % TR3 %Inicio
sumatoria P'TRLoss
    (0.8696875*((203000-x(5)*x(6))/(11000))^2)+... % TR4
    (0.8696875*((243300-x(7)*x(8))/(11000))^2)+... % TR5
    (0.8696875*((153400-x(9)*x(10))/(11000))^2)+... % TR6
    (2.22549734*((146100-x(11)*x(12))/(11000))^2)+... % TR7
    (1.5488*((157400-x(13)*x(14))/(11000))^2)+... % TR8
    (1.5488*((203000-x(15)*x(16))/(11000))^2)+... % TR9
    (1.5488*((67700-x(17)*x(18))/(11000))^2)+... % TR10
    (2.22549734*((149300-x(19)*x(20))/(11000))^2)+... % TR11
    (2.22549734*((113100-x(21)*x(22))/(11000))^2)+... % TR12
    (1.5488*((21900-x(23)*x(24))/(11000))^2)+... % TR13
    (1.5488*((87000-x(25)*x(26))/(11000))^2)+... % TR14
    (0.8696875*((196500-x(27)*x(28))/(11000))^2)+... % TR15
    (0.8696875*((406100-x(29)*x(30))/(11000))^2)+... % TR16
    (0.8696875*((431700-x(31)*x(32))/(11000))^2)+... % TR17
    (0.8696875*((348400-x(33)*x(34))/(11000))^2)+... % TR18
    (0.8696875*((551900-x(35)*x(36))/(11000))^2)+... % TR19
    (0.8696875*((253000-x(37)*x(38))/(11000))^2)+... % TR20
    (0.8696875*((280500-x(39)*x(40))/(11000))^2)+... % TR21
    (1.5488*((163000-x(41)*x(42))/(11000))^2)+... % TR22
    (2.22549734*((45900-x(43)*x(44))/(11000))^2)+... % TR23
    (2.22549734*((41200-x(45)*x(46))/(11000))^2)+... % TR24
    (0.8696875*((190700-x(47)*x(48))/(11000))^2)+... % TR25
    (0.8696875*((4300-x(49)*x(50))/(11000))^2)+... % TR26
    (1.5488*((14000-x(51)*x(52))/(11000))^2)+... % TR27
    (1.5488*((16200-x(53)*x(54))/(11000))^2)+... % TR28
    (0.8696875*((358100-x(55)*x(56))/(11000))^2)+... % TR29
    (0.8696875*((175800-x(57)*x(58))/(11000))^2)+... % TR30
    (0.8696875*((59500-x(59)*x(60))/(11000))^2)+... % TR31
    (2.22549734*((100-x(61)*x(62))/(11000))^2)+... % TR32
    (1.5488*((106700-x(63)*x(64))/(11000))^2)+... % TR33
    (1.5488*((800-x(65)*x(66))/(11000))^2)+... % TR34
    (1.5488*((126600-x(67)*x(68))/(11000))^2)... % TR35
%Fin sumatoria P'TRLoss OK
)+... % Inicio sumatoria P'LineaLoss
((0.01412312*((87440-x(25)*x(26)))/11000)^2)+... % compensación
LINEA 13-14
(0.00751289*((21990-x(23)*x(24))+(87440-x(25)*x(26)))/11000)^2)+...
% compensación LINEA 12-13
(0.00841434*((113100-x(21)*x(22))+(21990-x(23)*x(24))+(87440-
x(25)*x(26)))/11000)^2)+... % compensación (1) LINEA 11-12
```

```

(0.01172006*(((149300-x(19)*x(20))+(113100-x(21)*x(22))+(21990-
x(23)*x(24))+(87440-x(25)*x(26)))/11000)^2)+... % compensación LINEA 10-
11
(0.02073456*(((67700-x(17)*x(18))+(149300-x(19)*x(20))+(113100-
x(21)*x(22))+(21990-x(23)*x(24))+(87440-x(25)*x(26)))/11000)^2)+... %
compensación LINEA 9-10
(0.00390709*(((203000-x(15)*x(16))+(67700-x(17)*x(18))+(149300-
x(19)*x(20))+(113100-x(21)*x(22))+(21990-x(23)*x(24))+(87440-
x(25)*x(26)))/11000)^2)+... % compensación (1) LINEA 4-9 ***
(0.00931579*(((157400-x(13)*x(14)))/11000)^2)+...% compensación LINEA
7-8
(0.00390709*(((146100-x(11)*x(12))+(157400-
x(13)*x(14)))/11000)^2)+...% compensación LINEA 6-7
(0.01412312*(((153400-x(9)*x(10))+(146100-x(11)*x(12))+(157400-
x(13)*x(14)))/11000)^2)+...% compensación LINEA 5-6
(0.01412312*(((243300-x(7)*x(8))+(153400-x(9)*x(10))+(146100-
x(11)*x(12))+(157400-x(13)*x(14)))/11000)^2)+...% compensación LINEA 4-5
***
(0.00751289*(((203000-x(5)*x(6))+(243300-x(7)*x(8))+(153400-
x(9)*x(10))+(146100-x(11)*x(12))+(157400-x(13)*x(14))+(203000-
x(15)*x(16))+(67700-x(17)*x(18))+(149300-x(19)*x(20))+(113100-
x(21)*x(22))+(21990-x(23)*x(24))+(87440-x(25)*x(26)))/11000)^2)+... %
compensación (1) LINEA 3-4
(0.00841434*(((254200-x(3)*x(4))+(203000-x(5)*x(6))+(243300-
x(7)*x(8))+(153400-x(9)*x(10))+(146100-x(11)*x(12))+(157400-
x(13)*x(14))+(203000-x(15)*x(16))+(67700-x(17)*x(18))+(149300-
x(19)*x(20))+(113100-x(21)*x(22))+(21990-x(23)*x(24))+(87440-
x(25)*x(26)))/11000)^2)+... % compensación (1) LINEA 2-3
(0.01172006*(((11700-x(1)*x(2))+(254200-x(3)*x(4))+(203000-
x(5)*x(6))+(243300-x(7)*x(8))+(153400-x(9)*x(10))+(146100-
x(11)*x(12))+(157400-x(13)*x(14))+(203000-x(15)*x(16))+(67700-
x(17)*x(18))+(149300-x(19)*x(20))+(113100-x(21)*x(22))+(21990-
x(23)*x(24))+(87440-x(25)*x(26)))/11000)^2)+... % compensación (1) LINEA
1-2
(0.00360580*(((126600-x(67)*x(68)))/11000)^2)+...% compensación LINEA
34-35
(0.00360580*(((800-x(65)*x(66))+(126600-x(67)*x(68)))/11000)^2)+...%
compensación LINEA 33-34
(0.00781297*(((106700-x(63)*x(64))+(800-x(65)*x(66))+(126600-
x(67)*x(68)))/11000)^2)+...% compensación LINEA 32-33
(0.00240427*(((100-x(61)*x(62))+(106700-x(63)*x(64))+(800-
x(65)*x(66))+(126600-x(67)*x(68)))/11000)^2)+...% compensación LINEA 31-
32
(0.01382304*(((59500-x(59)*x(60))+(100-x(61)*x(62))+(106700-
x(63)*x(64))+(800-x(65)*x(66))+(126600-x(67)*x(68)))/11000)^2)+...%
compensación LINEA 30-31
(0.00661144*(((175800-x(57)*x(58))+(59500-x(59)*x(60))+(100-
x(61)*x(62))+(106700-x(63)*x(64))+(800-x(65)*x(66))+(126600-
x(67)*x(68)))/11000)^2)+...% compensación LINEA 29-30
(0.01202014*(((358100-x(55)*x(56))+(175800-x(57)*x(58))+(59500-
x(59)*x(60))+(100-x(61)*x(62))+(106700-x(63)*x(64))+(800-
x(65)*x(66))+(126600-x(67)*x(68)))/11000)^2)+...% compensación LINEA 28-
29

```

```

(0.00360580*(((16200-x(53)*x(54))+(358100-x(55)*x(56))+(175800-
x(57)*x(58))+(59500-x(59)*x(60))+(100-x(61)*x(62))+(106700-
x(63)*x(64))+(800-x(65)*x(66))+(126600-x(67)*x(68)))/11000)^2)+...%
compensación LINEA 27-28
(0.01202014*(((14000-x(51)*x(52))+(16200-x(53)*x(54))+(358100-
x(55)*x(56))+(175800-x(57)*x(58))+(59500-x(59)*x(60))+(100-
x(61)*x(62))+(106700-x(63)*x(64))+(800-x(65)*x(66))+(126600-
x(67)*x(68)))/11000)^2)+...% compensación LINEA 1-27 ***FINALISTA
(0.00540870*(((4300-x(49)*x(50)))/11000)^2)+...% compensación LINEA
25-26
(0.00841434*(((190700-x(47)*x(48))+(4300-x(49)*x(50)))/11000)^2)+...%
compensación LINEA 24-25
(0.00751289*(((41200-x(45)*x(46))+(190700-x(47)*x(48))+(4300-
x(49)*x(50)))/11000)^2)+...% compensación LINEA 23-24
(0.00510862*(((45900-x(43)*x(44))+(41200-x(45)*x(46))+(190700-
x(47)*x(48))+(4300-x(49)*x(50)))/11000)^2)+...% compensación LINEA 16-23
****
(0.00120153*(((163000-x(41)*x(42)))/11000)^2)+...% compensación LINEA
21-22
(0.00721160*(((280500-x(39)*x(40))+(163000-
x(41)*x(42)))/11000)^2)+...% compensación LINEA 20-21
(0.02734600*(((253000-x(37)*x(38))+(280500-x(39)*x(40))+(163000-
x(41)*x(42)))/11000)^2)+...% compensación LINEA 19-20
(0.00961587*(((551900-x(35)*x(36))+(253000-x(37)*x(38))+(280500-
x(39)*x(40))+(163000-x(41)*x(42)))/11000)^2)+...% compensación LINEA 18-
19
(0.02854753*(((348400-x(33)*x(34))+(551900-x(35)*x(36))+(253000-
x(37)*x(38))+(280500-x(39)*x(40))+(163000-x(41)*x(42)))/11000)^2)+...%
compensación LINEA 17-18
(0.01322167*(((431700-x(31)*x(32))+(348400-x(33)*x(34))+(551900-
x(35)*x(36))+(253000-x(37)*x(38))+(280500-x(39)*x(40))+(163000-
x(41)*x(42)))/11000)^2)+...% compensación LINEA 16-17 ***
(0.03606042*(((406100-x(29)*x(30))+(45900-x(43)*x(44))+(41200-
x(45)*x(46))+(190700-x(47)*x(48))+(4300-x(49)*x(50))+(431700-
x(31)*x(32))+(348400-x(33)*x(34))+(551900-x(35)*x(36))+(253000-
x(37)*x(38))+(280500-x(39)*x(40))+(163000-x(41)*x(42)))/11000)^2)+...%
compensación LINEA 15-16 ***
(0.04958217*(((196500-x(27)*x(28))+(406100-x(29)*x(30))+(45900-
x(43)*x(44))+(41200-x(45)*x(46))+(190700-x(47)*x(48))+(4300-
x(49)*x(50))+(431700-x(31)*x(32))+(348400-x(33)*x(34))+(551900-
x(35)*x(36))+(253000-x(37)*x(38))+(280500-x(39)*x(40))+(163000-
x(41)*x(42)))/11000)^2)+...% compensación LINEA 1-15
)*0.554*1.136*8.760))+...

(x(2)*800+x(4)*800+x(6)*800+x(8)*800+x(10)*800+x(12)*800+x(14)*800+x(16)*
800+x(18)*800+x(20)*800+...

x(22)*800+x(24)*800+x(26)*800+x(28)*800+x(30)*800+x(32)*800+x(34)*800+x(3
6)*800+x(38)*800+x(40)*800+x(42)*800+x(44)*800+...

x(46)*800+x(48)*800+x(50)*800+x(52)*800+x(54)*800+x(56)*800+x(58)*800+x(6
0)*800+x(62)*800+x(64)*800+x(66)*800+x(68)*800)/(1.07)))+... fin t=1
((( (-159878.54976+(...
(0.8696875*((11700-x(1)*x(2))/(11000))^2)+... % TR2

```

```

(1.5488*((254200-x(3)*x(4))/(11000))^2)+... % TR3 %Inicio
sumatoria P'TRLoss
(0.8696875*((203000-x(5)*x(6))/(11000))^2)+... % TR4
(0.8696875*((243300-x(7)*x(8))/(11000))^2)+... % TR5
(0.8696875*((153400-x(9)*x(10))/(11000))^2)+... % TR6
(2.22549734*((146100-x(11)*x(12))/(11000))^2)+... % TR7
(1.5488*((157400-x(13)*x(14))/(11000))^2)+... % TR8
(1.5488*((203000-x(15)*x(16))/(11000))^2)+... % TR9
(1.5488*((67700-x(17)*x(18))/(11000))^2)+... % TR10
(2.22549734*((149300-x(19)*x(20))/(11000))^2)+... % TR11
(2.22549734*((113100-x(21)*x(22))/(11000))^2)+... % TR12
(1.5488*((21900-x(23)*x(24))/(11000))^2)+... % TR13
(1.5488*((87000-x(25)*x(26))/(11000))^2)+... % TR14
(0.8696875*((196500-x(27)*x(28))/(11000))^2)+... % TR15
(0.8696875*((406100-x(29)*x(30))/(11000))^2)+... % TR16
(0.8696875*((431700-x(31)*x(32))/(11000))^2)+... % TR17
(0.8696875*((348400-x(33)*x(34))/(11000))^2)+... % TR18
(0.8696875*((551900-x(35)*x(36))/(11000))^2)+... % TR19
(0.8696875*((253000-x(37)*x(38))/(11000))^2)+... % TR20
(0.8696875*((280500-x(39)*x(40))/(11000))^2)+... % TR21
(1.5488*((163000-x(41)*x(42))/(11000))^2)+... % TR22
(2.22549734*((45900-x(43)*x(44))/(11000))^2)+... % TR23
(2.22549734*((41200-x(45)*x(46))/(11000))^2)+... % TR24
(0.8696875*((190700-x(47)*x(48))/(11000))^2)+... % TR25
(0.8696875*((4300-x(49)*x(50))/(11000))^2)+... % TR26
(1.5488*((14000-x(51)*x(52))/(11000))^2)+... % TR27
(1.5488*((16200-x(53)*x(54))/(11000))^2)+... % TR28
(0.8696875*((358100-x(55)*x(56))/(11000))^2)+... % TR29
(0.8696875*((175800-x(57)*x(58))/(11000))^2)+... % TR30
(0.8696875*((59500-x(59)*x(60))/(11000))^2)+... % TR31
(2.22549734*((100-x(61)*x(62))/(11000))^2)+... % TR32
(1.5488*((106700-x(63)*x(64))/(11000))^2)+... % TR33
(1.5488*((800-x(65)*x(66))/(11000))^2)+... % TR34
(1.5488*((126600-x(67)*x(68))/(11000))^2)+... % TR35
%Fin sumatoria P'TRLoss OK
)+... % Inicio sumatoria P'LineaLoss
((0.01412312*((87440-x(25)*x(26)))/11000)^2)+... % compensación
LINEA 13-14
(0.00751289*((21990-x(23)*x(24))+(87440-x(25)*x(26)))/11000)^2)+...
% compensación LINEA 12-13
(0.00841434*((113100-x(21)*x(22))+(21990-x(23)*x(24))+(87440-
x(25)*x(26)))/11000)^2)+... % compensación (1) LINEA 11-12
(0.01172006*((149300-x(19)*x(20))+(113100-x(21)*x(22))+(21990-
x(23)*x(24))+(87440-x(25)*x(26)))/11000)^2)+... % compensación LINEA 10-
11
(0.02073456*((67700-x(17)*x(18))+(149300-x(19)*x(20))+(113100-
x(21)*x(22))+(21990-x(23)*x(24))+(87440-x(25)*x(26)))/11000)^2)+... %
compensación LINEA 9-10
(0.00390709*((203000-x(15)*x(16))+(67700-x(17)*x(18))+(149300-
x(19)*x(20))+(113100-x(21)*x(22))+(21990-x(23)*x(24))+(87440-
x(25)*x(26)))/11000)^2)+... % compensación (1) LINEA 4-9 ***
(0.00931579*((157400-x(13)*x(14)))/11000)^2)+...% compensación LINEA
7-8

```

```

(0.00390709* ((146100-x(11)*x(12))+(157400-
x(13)*x(14)))/11000)^2)+...% compensación LINEA 6-7
(0.01412312* ((153400-x(9)*x(10))+(146100-x(11)*x(12))+(157400-
x(13)*x(14)))/11000)^2)+...% compensación LINEA 5-6
(0.01412312* ((243300-x(7)*x(8))+(153400-x(9)*x(10))+(146100-
x(11)*x(12))+(157400-x(13)*x(14)))/11000)^2)+...% compensación LINEA 4-5
***
(0.00751289* ((203000-x(5)*x(6))+(243300-x(7)*x(8))+(153400-
x(9)*x(10))+(146100-x(11)*x(12))+(157400-x(13)*x(14))+(203000-
x(15)*x(16))+(67700-x(17)*x(18))+(149300-x(19)*x(20))+(113100-
x(21)*x(22))+(21990-x(23)*x(24))+(87440-x(25)*x(26)))/11000)^2)+... %
compensación (1) LINEA 3-4
(0.00841434* ((254200-x(3)*x(4))+(203000-x(5)*x(6))+(243300-
x(7)*x(8))+(153400-x(9)*x(10))+(146100-x(11)*x(12))+(157400-
x(13)*x(14))+(203000-x(15)*x(16))+(67700-x(17)*x(18))+(149300-
x(19)*x(20))+(113100-x(21)*x(22))+(21990-x(23)*x(24))+(87440-
x(25)*x(26)))/11000)^2)+... % compensación (1) LINEA 2-3
(0.01172006* ((11700-x(1)*x(2))+(254200-x(3)*x(4))+(203000-
x(5)*x(6))+(243300-x(7)*x(8))+(153400-x(9)*x(10))+(146100-
x(11)*x(12))+(157400-x(13)*x(14))+(203000-x(15)*x(16))+(67700-
x(17)*x(18))+(149300-x(19)*x(20))+(113100-x(21)*x(22))+(21990-
x(23)*x(24))+(87440-x(25)*x(26)))/11000)^2)+... % compensación (1) LINEA
1-2
(0.00360580* ((126600-x(67)*x(68)))/11000)^2)+...% compensación LINEA
34-35
(0.00360580* ((800-x(65)*x(66))+(126600-x(67)*x(68)))/11000)^2)+...%
compensación LINEA 33-34
(0.00781297* ((106700-x(63)*x(64))+(800-x(65)*x(66))+(126600-
x(67)*x(68)))/11000)^2)+...% compensación LINEA 32-33
(0.00240427* ((100-x(61)*x(62))+(106700-x(63)*x(64))+(800-
x(65)*x(66))+(126600-x(67)*x(68)))/11000)^2)+...% compensación LINEA 31-
32
(0.01382304* ((59500-x(59)*x(60))+(100-x(61)*x(62))+(106700-
x(63)*x(64))+(800-x(65)*x(66))+(126600-x(67)*x(68)))/11000)^2)+...%
compensación LINEA 30-31
(0.00661144* ((175800-x(57)*x(58))+(59500-x(59)*x(60))+(100-
x(61)*x(62))+(106700-x(63)*x(64))+(800-x(65)*x(66))+(126600-
x(67)*x(68)))/11000)^2)+...% compensación LINEA 29-30
(0.01202014* ((358100-x(55)*x(56))+(175800-x(57)*x(58))+(59500-
x(59)*x(60))+(100-x(61)*x(62))+(106700-x(63)*x(64))+(800-
x(65)*x(66))+(126600-x(67)*x(68)))/11000)^2)+...% compensación LINEA 28-
29
(0.00360580* ((16200-x(53)*x(54))+(358100-x(55)*x(56))+(175800-
x(57)*x(58))+(59500-x(59)*x(60))+(100-x(61)*x(62))+(106700-
x(63)*x(64))+(800-x(65)*x(66))+(126600-x(67)*x(68)))/11000)^2)+...%
compensación LINEA 27-28
(0.01202014* ((14000-x(51)*x(52))+(16200-x(53)*x(54))+(358100-
x(55)*x(56))+(175800-x(57)*x(58))+(59500-x(59)*x(60))+(100-
x(61)*x(62))+(106700-x(63)*x(64))+(800-x(65)*x(66))+(126600-
x(67)*x(68)))/11000)^2)+...% compensación LINEA 1-27 ***FINALISTA
(0.00540870* ((4300-x(49)*x(50)))/11000)^2)+...% compensación LINEA
25-26
(0.00841434* ((190700-x(47)*x(48))+(4300-x(49)*x(50)))/11000)^2)+...%
compensación LINEA 24-25

```

```

(0.00751289*(((41200-x(45)*x(46))+(190700-x(47)*x(48))+(4300-
x(49)*x(50)))/11000)^2)+...% compensación LINEA 23-24
(0.00510862*(((45900-x(43)*x(44))+(41200-x(45)*x(46))+(190700-
x(47)*x(48))+(4300-x(49)*x(50)))/11000)^2)+...% compensación LINEA 16-23
****
(0.00120153*(((163000-x(41)*x(42)))/11000)^2)+...% compensación LINEA
21-22
(0.00721160*(((280500-x(39)*x(40))+(163000-
x(41)*x(42)))/11000)^2)+...% compensación LINEA 20-21
(0.02734600*(((253000-x(37)*x(38))+(280500-x(39)*x(40))+(163000-
x(41)*x(42)))/11000)^2)+...% compensación LINEA 19-20
(0.00961587*(((551900-x(35)*x(36))+(253000-x(37)*x(38))+(280500-
x(39)*x(40))+(163000-x(41)*x(42)))/11000)^2)+...% compensación LINEA 18-
19
(0.02854753*(((348400-x(33)*x(34))+(551900-x(35)*x(36))+(253000-
x(37)*x(38))+(280500-x(39)*x(40))+(163000-x(41)*x(42)))/11000)^2)+...%
compensación LINEA 17-18
(0.01322167*(((431700-x(31)*x(32))+(348400-x(33)*x(34))+(551900-
x(35)*x(36))+(253000-x(37)*x(38))+(280500-x(39)*x(40))+(163000-
x(41)*x(42)))/11000)^2)+...% compensación LINEA 16-17 ***
(0.03606042*(((406100-x(29)*x(30))+(45900-x(43)*x(44))+(41200-
x(45)*x(46))+(190700-x(47)*x(48))+(4300-x(49)*x(50))+(431700-
x(31)*x(32))+(348400-x(33)*x(34))+(551900-x(35)*x(36))+(253000-
x(37)*x(38))+(280500-x(39)*x(40))+(163000-x(41)*x(42)))/11000)^2)+...%
compensación LINEA 15-16 ***
(0.04958217*(((196500-x(27)*x(28))+(406100-x(29)*x(30))+(45900-
x(43)*x(44))+(41200-x(45)*x(46))+(190700-x(47)*x(48))+(4300-
x(49)*x(50))+(431700-x(31)*x(32))+(348400-x(33)*x(34))+(551900-
x(35)*x(36))+(253000-x(37)*x(38))+(280500-x(39)*x(40))+(163000-
x(41)*x(42)))/11000)^2)+...% compensación LINEA 1-15
)*0.554*1.136*8.760)+...

(x(2)*800+x(4)*800+x(6)*800+x(8)*800+x(10)*800+x(12)*800+x(14)*800+x(16)*
800+x(18)*800+x(20)*800+...

x(22)*800+x(24)*800+x(26)*800+x(28)*800+x(30)*800+x(32)*800+x(34)*800+x(3
6)*800+x(38)*800+x(40)*800+x(42)*800+x(44)*800+...

x(46)*800+x(48)*800+x(50)*800+x(52)*800+x(54)*800+x(56)*800+x(58)*800+x(6
0)*800+x(62)*800+x(64)*800+x(66)*800+x(68)*800)/(1.07)^(2))+...fin t=2
((( (-159878.54976+((...
(0.8696875*((11700-x(1)*x(2))/(11000))^2)+... % TR2
(1.5488*((254200-x(3)*x(4))/(11000))^2)+... % TR3 %Inicio
sumatoria P'TRLoss
(0.8696875*((203000-x(5)*x(6))/(11000))^2)+... % TR4
(0.8696875*((243300-x(7)*x(8))/(11000))^2)+... % TR5
(0.8696875*((153400-x(9)*x(10))/(11000))^2)+... % TR6
(2.22549734*((146100-x(11)*x(12))/(11000))^2)+... % TR7
(1.5488*((157400-x(13)*x(14))/(11000))^2)+... % TR8
(1.5488*((203000-x(15)*x(16))/(11000))^2)+... % TR9
(1.5488*((67700-x(17)*x(18))/(11000))^2)+... % TR10
(2.22549734*((149300-x(19)*x(20))/(11000))^2)+... % TR11
(2.22549734*((113100-x(21)*x(22))/(11000))^2)+... % TR12
(1.5488*((21900-x(23)*x(24))/(11000))^2)+... % TR13

```

```

(1.5488*((87000-x(25)*x(26))/(11000))^2)+... % TR14
(0.8696875*((196500-x(27)*x(28))/(11000))^2)+... % TR15
(0.8696875*((406100-x(29)*x(30))/(11000))^2)+... % TR16
(0.8696875*((431700-x(31)*x(32))/(11000))^2)+... % TR17
(0.8696875*((348400-x(33)*x(34))/(11000))^2)+... % TR18
(0.8696875*((551900-x(35)*x(36))/(11000))^2)+... % TR19
(0.8696875*((253000-x(37)*x(38))/(11000))^2)+... % TR20
(0.8696875*((280500-x(39)*x(40))/(11000))^2)+... % TR21
(1.5488*((163000-x(41)*x(42))/(11000))^2)+... % TR22
(2.22549734*((45900-x(43)*x(44))/(11000))^2)+... % TR23
(2.22549734*((41200-x(45)*x(46))/(11000))^2)+... % TR24
(0.8696875*((190700-x(47)*x(48))/(11000))^2)+... % TR25
(0.8696875*((4300-x(49)*x(50))/(11000))^2)+... % TR26
(1.5488*((14000-x(51)*x(52))/(11000))^2)+... % TR27
(1.5488*((16200-x(53)*x(54))/(11000))^2)+... % TR28
(0.8696875*((358100-x(55)*x(56))/(11000))^2)+... % TR29
(0.8696875*((175800-x(57)*x(58))/(11000))^2)+... % TR30
(0.8696875*((59500-x(59)*x(60))/(11000))^2)+... % TR31
(2.22549734*((100-x(61)*x(62))/(11000))^2)+... % TR32
(1.5488*((106700-x(63)*x(64))/(11000))^2)+... % TR33
(1.5488*((800-x(65)*x(66))/(11000))^2)+... % TR34
(1.5488*((126600-x(67)*x(68))/(11000))^2)... % TR35
%Fin sumatoria P'TRLoss OK
)+... % Inicio sumatoria P'LineaLoss
((0.01412312*((87440-x(25)*x(26)))/11000)^2)+... % compensación
LINEA 13-14
(0.00751289*((21990-x(23)*x(24))+(87440-x(25)*x(26)))/11000)^2)+...
% compensación LINEA 12-13
(0.00841434*((113100-x(21)*x(22))+(21990-x(23)*x(24))+(87440-
x(25)*x(26)))/11000)^2)+... % compensación (1) LINEA 11-12
(0.01172006*((149300-x(19)*x(20))+(113100-x(21)*x(22))+(21990-
x(23)*x(24))+(87440-x(25)*x(26)))/11000)^2)+... % compensación LINEA 10-
11
(0.02073456*((67700-x(17)*x(18))+(149300-x(19)*x(20))+(113100-
x(21)*x(22))+(21990-x(23)*x(24))+(87440-x(25)*x(26)))/11000)^2)+... %
compensación LINEA 9-10
(0.00390709*((203000-x(15)*x(16))+(67700-x(17)*x(18))+(149300-
x(19)*x(20))+(113100-x(21)*x(22))+(21990-x(23)*x(24))+(87440-
x(25)*x(26)))/11000)^2)+... % compensación (1) LINEA 4-9 ***
(0.00931579*((157400-x(13)*x(14)))/11000)^2)+...% compensación LINEA
7-8
(0.00390709*((146100-x(11)*x(12))+(157400-
x(13)*x(14)))/11000)^2)+...% compensación LINEA 6-7
(0.01412312*((153400-x(9)*x(10))+(146100-x(11)*x(12))+(157400-
x(13)*x(14)))/11000)^2)+...% compensación LINEA 5-6
(0.01412312*((243300-x(7)*x(8))+(153400-x(9)*x(10))+(146100-
x(11)*x(12))+(157400-x(13)*x(14)))/11000)^2)+...% compensación LINEA 4-5
***
(0.00751289*((203000-x(5)*x(6))+(243300-x(7)*x(8))+(153400-
x(9)*x(10))+(146100-x(11)*x(12))+(157400-x(13)*x(14))+(203000-
x(15)*x(16))+(67700-x(17)*x(18))+(149300-x(19)*x(20))+(113100-
x(21)*x(22))+(21990-x(23)*x(24))+(87440-x(25)*x(26)))/11000)^2)+... %
compensación (1) LINEA 3-4

```

```

(0.00841434* ((254200-x(3)*x(4))+(203000-x(5)*x(6))+(243300-
x(7)*x(8))+(153400-x(9)*x(10))+(146100-x(11)*x(12))+(157400-
x(13)*x(14))+(203000-x(15)*x(16))+(67700-x(17)*x(18))+(149300-
x(19)*x(20))+(113100-x(21)*x(22))+(21990-x(23)*x(24))+(87440-
x(25)*x(26)))/11000)^2)+... % compensación (1) LINEA 2-3
(0.01172006* ((11700-x(1)*x(2))+(254200-x(3)*x(4))+(203000-
x(5)*x(6))+(243300-x(7)*x(8))+(153400-x(9)*x(10))+(146100-
x(11)*x(12))+(157400-x(13)*x(14))+(203000-x(15)*x(16))+(67700-
x(17)*x(18))+(149300-x(19)*x(20))+(113100-x(21)*x(22))+(21990-
x(23)*x(24))+(87440-x(25)*x(26)))/11000)^2)+... % compensación (1) LINEA
1-2
(0.00360580* ((126600-x(67)*x(68)))/11000)^2)+...% compensación LINEA
34-35
(0.00360580* ((800-x(65)*x(66))+(126600-x(67)*x(68)))/11000)^2)+...%
compensación LINEA 33-34
(0.00781297* ((106700-x(63)*x(64))+(800-x(65)*x(66))+(126600-
x(67)*x(68)))/11000)^2)+...% compensación LINEA 32-33
(0.00240427* ((100-x(61)*x(62))+(106700-x(63)*x(64))+(800-
x(65)*x(66))+(126600-x(67)*x(68)))/11000)^2)+...% compensación LINEA 31-
32
(0.01382304* ((59500-x(59)*x(60))+(100-x(61)*x(62))+(106700-
x(63)*x(64))+(800-x(65)*x(66))+(126600-x(67)*x(68)))/11000)^2)+...%
compensación LINEA 30-31
(0.00661144* ((175800-x(57)*x(58))+(59500-x(59)*x(60))+(100-
x(61)*x(62))+(106700-x(63)*x(64))+(800-x(65)*x(66))+(126600-
x(67)*x(68)))/11000)^2)+...% compensación LINEA 29-30
(0.01202014* ((358100-x(55)*x(56))+(175800-x(57)*x(58))+(59500-
x(59)*x(60))+(100-x(61)*x(62))+(106700-x(63)*x(64))+(800-
x(65)*x(66))+(126600-x(67)*x(68)))/11000)^2)+...% compensación LINEA 28-
29
(0.00360580* ((16200-x(53)*x(54))+(358100-x(55)*x(56))+(175800-
x(57)*x(58))+(59500-x(59)*x(60))+(100-x(61)*x(62))+(106700-
x(63)*x(64))+(800-x(65)*x(66))+(126600-x(67)*x(68)))/11000)^2)+...%
compensación LINEA 27-28
(0.01202014* ((14000-x(51)*x(52))+(16200-x(53)*x(54))+(358100-
x(55)*x(56))+(175800-x(57)*x(58))+(59500-x(59)*x(60))+(100-
x(61)*x(62))+(106700-x(63)*x(64))+(800-x(65)*x(66))+(126600-
x(67)*x(68)))/11000)^2)+...% compensación LINEA 1-27 ***FINALISTA
(0.00540870* ((4300-x(49)*x(50)))/11000)^2)+...% compensación LINEA
25-26
(0.00841434* ((190700-x(47)*x(48))+(4300-x(49)*x(50)))/11000)^2)+...%
compensación LINEA 24-25
(0.00751289* ((41200-x(45)*x(46))+(190700-x(47)*x(48))+(4300-
x(49)*x(50)))/11000)^2)+...% compensación LINEA 23-24
(0.00510862* ((45900-x(43)*x(44))+(41200-x(45)*x(46))+(190700-
x(47)*x(48))+(4300-x(49)*x(50)))/11000)^2)+...% compensación LINEA 16-23
****
(0.00120153* ((163000-x(41)*x(42)))/11000)^2)+...% compensación LINEA
21-22
(0.00721160* ((280500-x(39)*x(40))+(163000-
x(41)*x(42)))/11000)^2)+...% compensación LINEA 20-21
(0.02734600* ((253000-x(37)*x(38))+(280500-x(39)*x(40))+(163000-
x(41)*x(42)))/11000)^2)+...% compensación LINEA 19-20

```

```

(0.00961587*((551900-x(35)*x(36))+(253000-x(37)*x(38))+(280500-
x(39)*x(40))+(163000-x(41)*x(42)))/11000)^2)+...% compensación LINEA 18-
19
(0.02854753*((348400-x(33)*x(34))+(551900-x(35)*x(36))+(253000-
x(37)*x(38))+(280500-x(39)*x(40))+(163000-x(41)*x(42)))/11000)^2)+...%
compensación LINEA 17-18
(0.01322167*((431700-x(31)*x(32))+(348400-x(33)*x(34))+(551900-
x(35)*x(36))+(253000-x(37)*x(38))+(280500-x(39)*x(40))+(163000-
x(41)*x(42)))/11000)^2)+...% compensación LINEA 16-17 ***
(0.03606042*((406100-x(29)*x(30))+(45900-x(43)*x(44))+(41200-
x(45)*x(46))+(190700-x(47)*x(48))+(4300-x(49)*x(50))+(431700-
x(31)*x(32))+(348400-x(33)*x(34))+(551900-x(35)*x(36))+(253000-
x(37)*x(38))+(280500-x(39)*x(40))+(163000-x(41)*x(42)))/11000)^2)+...%
compensación LINEA 15-16 ***
(0.04958217*((196500-x(27)*x(28))+(406100-x(29)*x(30))+(45900-
x(43)*x(44))+(41200-x(45)*x(46))+(190700-x(47)*x(48))+(4300-
x(49)*x(50))+(431700-x(31)*x(32))+(348400-x(33)*x(34))+(551900-
x(35)*x(36))+(253000-x(37)*x(38))+(280500-x(39)*x(40))+(163000-
x(41)*x(42)))/11000)^2)+...% compensación LINEA 1-15
)*0.554*1.136*8.760)+...

(x(2)*800+x(4)*800+x(6)*800+x(8)*800+x(10)*800+x(12)*800+x(14)*800+x(16)*
800+x(18)*800+x(20)*800+...

x(22)*800+x(24)*800+x(26)*800+x(28)*800+x(30)*800+x(32)*800+x(34)*800+x(3
6)*800+x(38)*800+x(40)*800+x(42)*800+x(44)*800+...

x(46)*800+x(48)*800+x(50)*800+x(52)*800+x(54)*800+x(56)*800+x(58)*800+x(6
0)*800+x(62)*800+x(64)*800+x(66)*800+x(68)*800)/(1.07)^(3)))+...fin t=3
((( -159878.54976+( ...
(0.8696875*((11700-x(1)*x(2))/(11000))^2)+... % TR2
(1.5488*((254200-x(3)*x(4))/(11000))^2)+... % TR3 %Inicio
sumatoria P'TRLoss
(0.8696875*((203000-x(5)*x(6))/(11000))^2)+... % TR4
(0.8696875*((243300-x(7)*x(8))/(11000))^2)+... % TR5
(0.8696875*((153400-x(9)*x(10))/(11000))^2)+... % TR6
(2.22549734*((146100-x(11)*x(12))/(11000))^2)+...% TR7
(1.5488*((157400-x(13)*x(14))/(11000))^2)+... % TR8
(1.5488*((203000-x(15)*x(16))/(11000))^2)+... % TR9
(1.5488*((67700-x(17)*x(18))/(11000))^2)+... % TR10
(2.22549734*((149300-x(19)*x(20))/(11000))^2)+...% TR11
(2.22549734*((113100-x(21)*x(22))/(11000))^2)+...% TR12
(1.5488*((21900-x(23)*x(24))/(11000))^2)+... % TR13
(1.5488*((87000-x(25)*x(26))/(11000))^2)+... % TR14
(0.8696875*((196500-x(27)*x(28))/(11000))^2)+... % TR15
(0.8696875*((406100-x(29)*x(30))/(11000))^2)+... % TR16
(0.8696875*((431700-x(31)*x(32))/(11000))^2)+... % TR17
(0.8696875*((348400-x(33)*x(34))/(11000))^2)+... % TR18
(0.8696875*((551900-x(35)*x(36))/(11000))^2)+... % TR19
(0.8696875*((253000-x(37)*x(38))/(11000))^2)+... % TR20
(0.8696875*((280500-x(39)*x(40))/(11000))^2)+... % TR21
(1.5488*((163000-x(41)*x(42))/(11000))^2)+... % TR22
(2.22549734*((45900-x(43)*x(44))/(11000))^2)+... % TR23
(2.22549734*((41200-x(45)*x(46))/(11000))^2)+... % TR24

```

```

(0.8696875*((190700-x(47)*x(48))/(11000))^2)+... % TR25
(0.8696875*((4300-x(49)*x(50))/(11000))^2)+... % TR26
(1.5488*((14000-x(51)*x(52))/(11000))^2)+... % TR27
(1.5488*((16200-x(53)*x(54))/(11000))^2)+... % TR28
(0.8696875*((358100-x(55)*x(56))/(11000))^2)+... % TR29
(0.8696875*((175800-x(57)*x(58))/(11000))^2)+... % TR30
(0.8696875*((59500-x(59)*x(60))/(11000))^2)+... % TR31
(2.22549734*((100-x(61)*x(62))/(11000))^2)+... % TR32
(1.5488*((106700-x(63)*x(64))/(11000))^2)+... % TR33
(1.5488*((800-x(65)*x(66))/(11000))^2)+... % TR34
(1.5488*((126600-x(67)*x(68))/(11000))^2)+... % TR35
%Fin sumatoria P'TRLoss OK
)+... % Inicio sumatoria P'LineaLoss
((0.01412312*((87440-x(25)*x(26)))/11000)^2)+... % compensación
LINEA 13-14
(0.00751289*((21990-x(23)*x(24))+(87440-x(25)*x(26)))/11000)^2)+...
% compensación LINEA 12-13
(0.00841434*((113100-x(21)*x(22))+(21990-x(23)*x(24))+(87440-
x(25)*x(26)))/11000)^2)+... % compensación (1) LINEA 11-12
(0.01172006*((149300-x(19)*x(20))+(113100-x(21)*x(22))+(21990-
x(23)*x(24))+(87440-x(25)*x(26)))/11000)^2)+... % compensación LINEA 10-
11
(0.02073456*((67700-x(17)*x(18))+(149300-x(19)*x(20))+(113100-
x(21)*x(22))+(21990-x(23)*x(24))+(87440-x(25)*x(26)))/11000)^2)+... %
compensación LINEA 9-10
(0.00390709*((203000-x(15)*x(16))+(67700-x(17)*x(18))+(149300-
x(19)*x(20))+(113100-x(21)*x(22))+(21990-x(23)*x(24))+(87440-
x(25)*x(26)))/11000)^2)+... % compensación (1) LINEA 4-9 ***
(0.00931579*((157400-x(13)*x(14)))/11000)^2)+...% compensación LINEA
7-8
(0.00390709*((146100-x(11)*x(12))+(157400-
x(13)*x(14)))/11000)^2)+...% compensación LINEA 6-7
(0.01412312*((153400-x(9)*x(10))+(146100-x(11)*x(12))+(157400-
x(13)*x(14)))/11000)^2)+...% compensación LINEA 5-6
(0.01412312*((243300-x(7)*x(8))+(153400-x(9)*x(10))+(146100-
x(11)*x(12))+(157400-x(13)*x(14)))/11000)^2)+...% compensación LINEA 4-5
***
(0.00751289*((203000-x(5)*x(6))+(243300-x(7)*x(8))+(153400-
x(9)*x(10))+(146100-x(11)*x(12))+(157400-x(13)*x(14))+(203000-
x(15)*x(16))+(67700-x(17)*x(18))+(149300-x(19)*x(20))+(113100-
x(21)*x(22))+(21990-x(23)*x(24))+(87440-x(25)*x(26)))/11000)^2)+... %
compensación (1) LINEA 3-4
(0.00841434*((254200-x(3)*x(4))+(203000-x(5)*x(6))+(243300-
x(7)*x(8))+(153400-x(9)*x(10))+(146100-x(11)*x(12))+(157400-
x(13)*x(14))+(203000-x(15)*x(16))+(67700-x(17)*x(18))+(149300-
x(19)*x(20))+(113100-x(21)*x(22))+(21990-x(23)*x(24))+(87440-
x(25)*x(26)))/11000)^2)+... % compensación (1) LINEA 2-3
(0.01172006*((11700-x(1)*x(2))+(254200-x(3)*x(4))+(203000-
x(5)*x(6))+(243300-x(7)*x(8))+(153400-x(9)*x(10))+(146100-
x(11)*x(12))+(157400-x(13)*x(14))+(203000-x(15)*x(16))+(67700-
x(17)*x(18))+(149300-x(19)*x(20))+(113100-x(21)*x(22))+(21990-
x(23)*x(24))+(87440-x(25)*x(26)))/11000)^2)+... % compensación (1) LINEA
1-2

```

```

(0.00360580*(((126600-x(67)*x(68)))/11000)^2)+...% compensación LINEA
34-35
(0.00360580*(((800-x(65)*x(66))+(126600-x(67)*x(68)))/11000)^2)+...%
compensación LINEA 33-34
(0.00781297*(((106700-x(63)*x(64))+(800-x(65)*x(66))+(126600-
x(67)*x(68)))/11000)^2)+...% compensación LINEA 32-33
(0.00240427*(((100-x(61)*x(62))+(106700-x(63)*x(64))+(800-
x(65)*x(66))+(126600-x(67)*x(68)))/11000)^2)+...% compensación LINEA 31-
32
(0.01382304*(((59500-x(59)*x(60))+(100-x(61)*x(62))+(106700-
x(63)*x(64))+(800-x(65)*x(66))+(126600-x(67)*x(68)))/11000)^2)+...%
compensación LINEA 30-31
(0.00661144*(((175800-x(57)*x(58))+(59500-x(59)*x(60))+(100-
x(61)*x(62))+(106700-x(63)*x(64))+(800-x(65)*x(66))+(126600-
x(67)*x(68)))/11000)^2)+...% compensación LINEA 29-30
(0.01202014*(((358100-x(55)*x(56))+(175800-x(57)*x(58))+(59500-
x(59)*x(60))+(100-x(61)*x(62))+(106700-x(63)*x(64))+(800-
x(65)*x(66))+(126600-x(67)*x(68)))/11000)^2)+...% compensación LINEA 28-
29
(0.00360580*(((16200-x(53)*x(54))+(358100-x(55)*x(56))+(175800-
x(57)*x(58))+(59500-x(59)*x(60))+(100-x(61)*x(62))+(106700-
x(63)*x(64))+(800-x(65)*x(66))+(126600-x(67)*x(68)))/11000)^2)+...%
compensación LINEA 27-28
(0.01202014*(((14000-x(51)*x(52))+(16200-x(53)*x(54))+(358100-
x(55)*x(56))+(175800-x(57)*x(58))+(59500-x(59)*x(60))+(100-
x(61)*x(62))+(106700-x(63)*x(64))+(800-x(65)*x(66))+(126600-
x(67)*x(68)))/11000)^2)+...% compensación LINEA 1-27 ***FINALISTA
(0.00540870*(((4300-x(49)*x(50)))/11000)^2)+...% compensación LINEA
25-26
(0.00841434*(((190700-x(47)*x(48))+(4300-x(49)*x(50)))/11000)^2)+...%
compensación LINEA 24-25
(0.00751289*(((41200-x(45)*x(46))+(190700-x(47)*x(48))+(4300-
x(49)*x(50)))/11000)^2)+...% compensación LINEA 23-24
(0.00510862*(((45900-x(43)*x(44))+(41200-x(45)*x(46))+(190700-
x(47)*x(48))+(4300-x(49)*x(50)))/11000)^2)+...% compensación LINEA 16-23
****
(0.00120153*(((163000-x(41)*x(42)))/11000)^2)+...% compensación LINEA
21-22
(0.00721160*(((280500-x(39)*x(40))+(163000-
x(41)*x(42)))/11000)^2)+...% compensación LINEA 20-21
(0.02734600*(((253000-x(37)*x(38))+(280500-x(39)*x(40))+(163000-
x(41)*x(42)))/11000)^2)+...% compensación LINEA 19-20
(0.00961587*(((551900-x(35)*x(36))+(253000-x(37)*x(38))+(280500-
x(39)*x(40))+(163000-x(41)*x(42)))/11000)^2)+...% compensación LINEA 18-
19
(0.02854753*(((348400-x(33)*x(34))+(551900-x(35)*x(36))+(253000-
x(37)*x(38))+(280500-x(39)*x(40))+(163000-x(41)*x(42)))/11000)^2)+...%
compensación LINEA 17-18
(0.01322167*(((431700-x(31)*x(32))+(348400-x(33)*x(34))+(551900-
x(35)*x(36))+(253000-x(37)*x(38))+(280500-x(39)*x(40))+(163000-
x(41)*x(42)))/11000)^2)+...% compensación LINEA 16-17 ***
(0.03606042*(((406100-x(29)*x(30))+(45900-x(43)*x(44))+(41200-
x(45)*x(46))+(190700-x(47)*x(48))+(4300-x(49)*x(50))+(431700-
x(31)*x(32))+(348400-x(33)*x(34))+(551900-x(35)*x(36))+(253000-

```

```

x(37)*x(38))+(280500-x(39)*x(40))+(163000-x(41)*x(42)))/(11000)^2)+...%
compensación LINEA 15-16 ***
(0.04958217*((196500-x(27)*x(28))+(406100-x(29)*x(30))+(45900-
x(43)*x(44))+(41200-x(45)*x(46))+(190700-x(47)*x(48))+(4300-
x(49)*x(50))+(431700-x(31)*x(32))+(348400-x(33)*x(34))+(551900-
x(35)*x(36))+(253000-x(37)*x(38))+(280500-x(39)*x(40))+(163000-
x(41)*x(42)))/(11000)^2)...% compensación LINEA 1-15
)*0.554*1.136*8.760))+...

(x(2)*800+x(4)*800+x(6)*800+x(8)*800+x(10)*800+x(12)*800+x(14)*800+x(16)*
800+x(18)*800+x(20)*800+...

x(22)*800+x(24)*800+x(26)*800+x(28)*800+x(30)*800+x(32)*800+x(34)*800+x(3
6)*800+x(38)*800+x(40)*800+x(42)*800+x(44)*800+...

x(46)*800+x(48)*800+x(50)*800+x(52)*800+x(54)*800+x(56)*800+x(58)*800+x(6
0)*800+x(62)*800+x(64)*800+x(66)*800+x(68)*800)/(1.07)^(4)))+...fin t=4
((( (-159878.54976+((...
(0.8696875*((11700-x(1)*x(2))/(11000))^2)+... % TR2
(1.5488*((254200-x(3)*x(4))/(11000))^2)+... % TR3 %Inicio
sumatoria P'TRLoss
(0.8696875*((203000-x(5)*x(6))/(11000))^2)+... % TR4
(0.8696875*((243300-x(7)*x(8))/(11000))^2)+... % TR5
(0.8696875*((153400-x(9)*x(10))/(11000))^2)+... % TR6
(2.22549734*((146100-x(11)*x(12))/(11000))^2)+... % TR7
(1.5488*((157400-x(13)*x(14))/(11000))^2)+... % TR8
(1.5488*((203000-x(15)*x(16))/(11000))^2)+... % TR9
(1.5488*((67700-x(17)*x(18))/(11000))^2)+... % TR10
(2.22549734*((149300-x(19)*x(20))/(11000))^2)+... % TR11
(2.22549734*((113100-x(21)*x(22))/(11000))^2)+... % TR12
(1.5488*((21900-x(23)*x(24))/(11000))^2)+... % TR13
(1.5488*((87000-x(25)*x(26))/(11000))^2)+... % TR14
(0.8696875*((196500-x(27)*x(28))/(11000))^2)+... % TR15
(0.8696875*((406100-x(29)*x(30))/(11000))^2)+... % TR16
(0.8696875*((431700-x(31)*x(32))/(11000))^2)+... % TR17
(0.8696875*((348400-x(33)*x(34))/(11000))^2)+... % TR18
(0.8696875*((551900-x(35)*x(36))/(11000))^2)+... % TR19
(0.8696875*((253000-x(37)*x(38))/(11000))^2)+... % TR20
(0.8696875*((280500-x(39)*x(40))/(11000))^2)+... % TR21
(1.5488*((163000-x(41)*x(42))/(11000))^2)+... % TR22
(2.22549734*((45900-x(43)*x(44))/(11000))^2)+... % TR23
(2.22549734*((41200-x(45)*x(46))/(11000))^2)+... % TR24
(0.8696875*((190700-x(47)*x(48))/(11000))^2)+... % TR25
(0.8696875*((4300-x(49)*x(50))/(11000))^2)+... % TR26
(1.5488*((14000-x(51)*x(52))/(11000))^2)+... % TR27
(1.5488*((16200-x(53)*x(54))/(11000))^2)+... % TR28
(0.8696875*((358100-x(55)*x(56))/(11000))^2)+... % TR29
(0.8696875*((175800-x(57)*x(58))/(11000))^2)+... % TR30
(0.8696875*((59500-x(59)*x(60))/(11000))^2)+... % TR31
(2.22549734*((100-x(61)*x(62))/(11000))^2)+... % TR32
(1.5488*((106700-x(63)*x(64))/(11000))^2)+... % TR33
(1.5488*((800-x(65)*x(66))/(11000))^2)+... % TR34
(1.5488*((126600-x(67)*x(68))/(11000))^2)+... % TR35
%Fin sumatoria P'TRLoss OK

```

```

)+... % Inicio sumatoria P'LineaLoss
((0.01412312*((87440-x(25)*x(26)))/11000)^2)+... % compensación
LINEA 13-14
(0.00751289*((21990-x(23)*x(24))+(87440-x(25)*x(26)))/11000)^2)+...
% compensación LINEA 12-13
(0.00841434*((113100-x(21)*x(22))+(21990-x(23)*x(24))+(87440-
x(25)*x(26)))/11000)^2)+... % compensación (1) LINEA 11-12
(0.01172006*((149300-x(19)*x(20))+(113100-x(21)*x(22))+(21990-
x(23)*x(24))+(87440-x(25)*x(26)))/11000)^2)+... % compensación LINEA 10-
11
(0.02073456*((67700-x(17)*x(18))+(149300-x(19)*x(20))+(113100-
x(21)*x(22))+(21990-x(23)*x(24))+(87440-x(25)*x(26)))/11000)^2)+... %
compensación LINEA 9-10
(0.00390709*((203000-x(15)*x(16))+(67700-x(17)*x(18))+(149300-
x(19)*x(20))+(113100-x(21)*x(22))+(21990-x(23)*x(24))+(87440-
x(25)*x(26)))/11000)^2)+... % compensación (1) LINEA 4-9 ***
(0.00931579*((157400-x(13)*x(14)))/11000)^2)+...% compensación LINEA
7-8
(0.00390709*((146100-x(11)*x(12))+(157400-
x(13)*x(14)))/11000)^2)+...% compensación LINEA 6-7
(0.01412312*((153400-x(9)*x(10))+(146100-x(11)*x(12))+(157400-
x(13)*x(14)))/11000)^2)+...% compensación LINEA 5-6
(0.01412312*((243300-x(7)*x(8))+(153400-x(9)*x(10))+(146100-
x(11)*x(12))+(157400-x(13)*x(14)))/11000)^2)+...% compensación LINEA 4-5
***
(0.00751289*((203000-x(5)*x(6))+(243300-x(7)*x(8))+(153400-
x(9)*x(10))+(146100-x(11)*x(12))+(157400-x(13)*x(14))+(203000-
x(15)*x(16))+(67700-x(17)*x(18))+(149300-x(19)*x(20))+(113100-
x(21)*x(22))+(21990-x(23)*x(24))+(87440-x(25)*x(26)))/11000)^2)+... %
compensación (1) LINEA 3-4
(0.00841434*((254200-x(3)*x(4))+(203000-x(5)*x(6))+(243300-
x(7)*x(8))+(153400-x(9)*x(10))+(146100-x(11)*x(12))+(157400-
x(13)*x(14))+(203000-x(15)*x(16))+(67700-x(17)*x(18))+(149300-
x(19)*x(20))+(113100-x(21)*x(22))+(21990-x(23)*x(24))+(87440-
x(25)*x(26)))/11000)^2)+... % compensación (1) LINEA 2-3
(0.01172006*((11700-x(1)*x(2))+(254200-x(3)*x(4))+(203000-
x(5)*x(6))+(243300-x(7)*x(8))+(153400-x(9)*x(10))+(146100-
x(11)*x(12))+(157400-x(13)*x(14))+(203000-x(15)*x(16))+(67700-
x(17)*x(18))+(149300-x(19)*x(20))+(113100-x(21)*x(22))+(21990-
x(23)*x(24))+(87440-x(25)*x(26)))/11000)^2)+... % compensación (1) LINEA
1-2
(0.00360580*((126600-x(67)*x(68)))/11000)^2)+...% compensación LINEA
34-35
(0.00360580*((800-x(65)*x(66))+(126600-x(67)*x(68)))/11000)^2)+...%
compensación LINEA 33-34
(0.00781297*((106700-x(63)*x(64))+(800-x(65)*x(66))+(126600-
x(67)*x(68)))/11000)^2)+...% compensación LINEA 32-33
(0.00240427*((100-x(61)*x(62))+(106700-x(63)*x(64))+(800-
x(65)*x(66))+(126600-x(67)*x(68)))/11000)^2)+...% compensación LINEA 31-
32
(0.01382304*((59500-x(59)*x(60))+(100-x(61)*x(62))+(106700-
x(63)*x(64))+(800-x(65)*x(66))+(126600-x(67)*x(68)))/11000)^2)+...%
compensación LINEA 30-31

```

```

(0.00661144*((175800-x(57)*x(58))+(59500-x(59)*x(60))+(100-
x(61)*x(62))+(106700-x(63)*x(64))+(800-x(65)*x(66))+(126600-
x(67)*x(68)))/11000)^2)+...% compensación LINEA 29-30
(0.01202014*((358100-x(55)*x(56))+(175800-x(57)*x(58))+(59500-
x(59)*x(60))+(100-x(61)*x(62))+(106700-x(63)*x(64))+(800-
x(65)*x(66))+(126600-x(67)*x(68)))/11000)^2)+...% compensación LINEA 28-
29
(0.00360580*((16200-x(53)*x(54))+(358100-x(55)*x(56))+(175800-
x(57)*x(58))+(59500-x(59)*x(60))+(100-x(61)*x(62))+(106700-
x(63)*x(64))+(800-x(65)*x(66))+(126600-x(67)*x(68)))/11000)^2)+...%
compensación LINEA 27-28
(0.01202014*((14000-x(51)*x(52))+(16200-x(53)*x(54))+(358100-
x(55)*x(56))+(175800-x(57)*x(58))+(59500-x(59)*x(60))+(100-
x(61)*x(62))+(106700-x(63)*x(64))+(800-x(65)*x(66))+(126600-
x(67)*x(68)))/11000)^2)+...% compensación LINEA 1-27 ***FINALISTA
(0.00540870*((4300-x(49)*x(50)))/11000)^2)+...% compensación LINEA
25-26
(0.00841434*((190700-x(47)*x(48))+(4300-x(49)*x(50)))/11000)^2)+...%
compensación LINEA 24-25
(0.00751289*((41200-x(45)*x(46))+(190700-x(47)*x(48))+(4300-
x(49)*x(50)))/11000)^2)+...% compensación LINEA 23-24
(0.00510862*((45900-x(43)*x(44))+(41200-x(45)*x(46))+(190700-
x(47)*x(48))+(4300-x(49)*x(50)))/11000)^2)+...% compensación LINEA 16-23
****
(0.00120153*((163000-x(41)*x(42)))/11000)^2)+...% compensación LINEA
21-22
(0.00721160*((280500-x(39)*x(40))+(163000-
x(41)*x(42)))/11000)^2)+...% compensación LINEA 20-21
(0.02734600*((253000-x(37)*x(38))+(280500-x(39)*x(40))+(163000-
x(41)*x(42)))/11000)^2)+...% compensación LINEA 19-20
(0.00961587*((551900-x(35)*x(36))+(253000-x(37)*x(38))+(280500-
x(39)*x(40))+(163000-x(41)*x(42)))/11000)^2)+...% compensación LINEA 18-
19
(0.02854753*((348400-x(33)*x(34))+(551900-x(35)*x(36))+(253000-
x(37)*x(38))+(280500-x(39)*x(40))+(163000-x(41)*x(42)))/11000)^2)+...%
compensación LINEA 17-18
(0.01322167*((431700-x(31)*x(32))+(348400-x(33)*x(34))+(551900-
x(35)*x(36))+(253000-x(37)*x(38))+(280500-x(39)*x(40))+(163000-
x(41)*x(42)))/11000)^2)+...% compensación LINEA 16-17 ***
(0.03606042*((406100-x(29)*x(30))+(45900-x(43)*x(44))+(41200-
x(45)*x(46))+(190700-x(47)*x(48))+(4300-x(49)*x(50))+(431700-
x(31)*x(32))+(348400-x(33)*x(34))+(551900-x(35)*x(36))+(253000-
x(37)*x(38))+(280500-x(39)*x(40))+(163000-x(41)*x(42)))/11000)^2)+...%
compensación LINEA 15-16 ***
(0.04958217*((196500-x(27)*x(28))+(406100-x(29)*x(30))+(45900-
x(43)*x(44))+(41200-x(45)*x(46))+(190700-x(47)*x(48))+(4300-
x(49)*x(50))+(431700-x(31)*x(32))+(348400-x(33)*x(34))+(551900-
x(35)*x(36))+(253000-x(37)*x(38))+(280500-x(39)*x(40))+(163000-
x(41)*x(42)))/11000)^2)+...% compensación LINEA 1-15
)*0.554*1.136*8.760))+...

(x(2)*800+x(4)*800+x(6)*800+x(8)*800+x(10)*800+x(12)*800+x(14)*800+x(16)*
800+x(18)*800+x(20)*800+...

```

```

x(22)*800+x(24)*800+x(26)*800+x(28)*800+x(30)*800+x(32)*800+x(34)*800+x(36)*800+x(38)*800+x(40)*800+x(42)*800+x(44)*800+...

x(46)*800+x(48)*800+x(50)*800+x(52)*800+x(54)*800+x(56)*800+x(58)*800+x(60)*800+x(62)*800+x(64)*800+x(66)*800+x(68)*800)/(1.07)^(5)))+...fin t=5
((( (-159878.54976+((...
(0.8696875*((11700-x(1)*x(2))/(11000))^2)+... % TR2
(1.5488*((254200-x(3)*x(4))/(11000))^2)+... % TR3 %Inicio
sumatoria P'TRLoss
(0.8696875*((203000-x(5)*x(6))/(11000))^2)+... % TR4
(0.8696875*((243300-x(7)*x(8))/(11000))^2)+... % TR5
(0.8696875*((153400-x(9)*x(10))/(11000))^2)+... % TR6
(2.22549734*((146100-x(11)*x(12))/(11000))^2)+... % TR7
(1.5488*((157400-x(13)*x(14))/(11000))^2)+... % TR8
(1.5488*((203000-x(15)*x(16))/(11000))^2)+... % TR9
(1.5488*((67700-x(17)*x(18))/(11000))^2)+... % TR10
(2.22549734*((149300-x(19)*x(20))/(11000))^2)+... % TR11
(2.22549734*((113100-x(21)*x(22))/(11000))^2)+... % TR12
(1.5488*((21900-x(23)*x(24))/(11000))^2)+... % TR13
(1.5488*((87000-x(25)*x(26))/(11000))^2)+... % TR14
(0.8696875*((196500-x(27)*x(28))/(11000))^2)+... % TR15
(0.8696875*((406100-x(29)*x(30))/(11000))^2)+... % TR16
(0.8696875*((431700-x(31)*x(32))/(11000))^2)+... % TR17
(0.8696875*((348400-x(33)*x(34))/(11000))^2)+... % TR18
(0.8696875*((551900-x(35)*x(36))/(11000))^2)+... % TR19
(0.8696875*((253000-x(37)*x(38))/(11000))^2)+... % TR20
(0.8696875*((280500-x(39)*x(40))/(11000))^2)+... % TR21
(1.5488*((163000-x(41)*x(42))/(11000))^2)+... % TR22
(2.22549734*((45900-x(43)*x(44))/(11000))^2)+... % TR23
(2.22549734*((41200-x(45)*x(46))/(11000))^2)+... % TR24
(0.8696875*((190700-x(47)*x(48))/(11000))^2)+... % TR25
(0.8696875*((4300-x(49)*x(50))/(11000))^2)+... % TR26
(1.5488*((14000-x(51)*x(52))/(11000))^2)+... % TR27
(1.5488*((16200-x(53)*x(54))/(11000))^2)+... % TR28
(0.8696875*((358100-x(55)*x(56))/(11000))^2)+... % TR29
(0.8696875*((175800-x(57)*x(58))/(11000))^2)+... % TR30
(0.8696875*((59500-x(59)*x(60))/(11000))^2)+... % TR31
(2.22549734*((100-x(61)*x(62))/(11000))^2)+... % TR32
(1.5488*((106700-x(63)*x(64))/(11000))^2)+... % TR33
(1.5488*((800-x(65)*x(66))/(11000))^2)+... % TR34
(1.5488*((126600-x(67)*x(68))/(11000))^2)+... % TR35
%Fin sumatoria P'TRLoss OK
)+... % Inicio sumatoria P'LineaLoss
((0.01412312*((87440-x(25)*x(26)))/11000)^2)+... % compensación
LINEA 13-14
(0.00751289*((21990-x(23)*x(24))+(87440-x(25)*x(26)))/11000)^2)+...
% compensación LINEA 12-13
(0.00841434*((113100-x(21)*x(22))+(21990-x(23)*x(24))+(87440-x(25)*x(26)))/11000)^2)+... % compensación (1) LINEA 11-12
(0.01172006*((149300-x(19)*x(20))+(113100-x(21)*x(22))+(21990-x(23)*x(24))+(87440-x(25)*x(26)))/11000)^2)+... % compensación LINEA 10-11

```

```

(0.02073456*((67700-x(17)*x(18))+ (149300-x(19)*x(20))+ (113100-
x(21)*x(22))+ (21990-x(23)*x(24))+ (87440-x(25)*x(26)))/11000)^2)+... %
compensación LINEA 9-10
(0.00390709*((203000-x(15)*x(16))+ (67700-x(17)*x(18))+ (149300-
x(19)*x(20))+ (113100-x(21)*x(22))+ (21990-x(23)*x(24))+ (87440-
x(25)*x(26)))/11000)^2)+... % compensación (1) LINEA 4-9 ***
(0.00931579*((157400-x(13)*x(14)))/11000)^2)+...% compensación LINEA
7-8
(0.00390709*((146100-x(11)*x(12))+ (157400-
x(13)*x(14)))/11000)^2)+...% compensación LINEA 6-7
(0.01412312*((153400-x(9)*x(10))+ (146100-x(11)*x(12))+ (157400-
x(13)*x(14)))/11000)^2)+...% compensación LINEA 5-6
(0.01412312*((243300-x(7)*x(8))+ (153400-x(9)*x(10))+ (146100-
x(11)*x(12))+ (157400-x(13)*x(14)))/11000)^2)+...% compensación LINEA 4-5
***
(0.00751289*((203000-x(5)*x(6))+ (243300-x(7)*x(8))+ (153400-
x(9)*x(10))+ (146100-x(11)*x(12))+ (157400-x(13)*x(14))+ (203000-
x(15)*x(16))+ (67700-x(17)*x(18))+ (149300-x(19)*x(20))+ (113100-
x(21)*x(22))+ (21990-x(23)*x(24))+ (87440-x(25)*x(26)))/11000)^2)+... %
compensación (1) LINEA 3-4
(0.00841434*((254200-x(3)*x(4))+ (203000-x(5)*x(6))+ (243300-
x(7)*x(8))+ (153400-x(9)*x(10))+ (146100-x(11)*x(12))+ (157400-
x(13)*x(14))+ (203000-x(15)*x(16))+ (67700-x(17)*x(18))+ (149300-
x(19)*x(20))+ (113100-x(21)*x(22))+ (21990-x(23)*x(24))+ (87440-
x(25)*x(26)))/11000)^2)+... % compensación (1) LINEA 2-3
(0.01172006*((11700-x(1)*x(2))+ (254200-x(3)*x(4))+ (203000-
x(5)*x(6))+ (243300-x(7)*x(8))+ (153400-x(9)*x(10))+ (146100-
x(11)*x(12))+ (157400-x(13)*x(14))+ (203000-x(15)*x(16))+ (67700-
x(17)*x(18))+ (149300-x(19)*x(20))+ (113100-x(21)*x(22))+ (21990-
x(23)*x(24))+ (87440-x(25)*x(26)))/11000)^2)+... % compensación (1) LINEA
1-2
(0.00360580*((126600-x(67)*x(68)))/11000)^2)+...% compensación LINEA
34-35
(0.00360580*((800-x(65)*x(66))+ (126600-x(67)*x(68)))/11000)^2)+...%
compensación LINEA 33-34
(0.00781297*((106700-x(63)*x(64))+ (800-x(65)*x(66))+ (126600-
x(67)*x(68)))/11000)^2)+...% compensación LINEA 32-33
(0.00240427*((100-x(61)*x(62))+ (106700-x(63)*x(64))+ (800-
x(65)*x(66))+ (126600-x(67)*x(68)))/11000)^2)+...% compensación LINEA 31-
32
(0.01382304*((59500-x(59)*x(60))+ (100-x(61)*x(62))+ (106700-
x(63)*x(64))+ (800-x(65)*x(66))+ (126600-x(67)*x(68)))/11000)^2)+...%
compensación LINEA 30-31
(0.00661144*((175800-x(57)*x(58))+ (59500-x(59)*x(60))+ (100-
x(61)*x(62))+ (106700-x(63)*x(64))+ (800-x(65)*x(66))+ (126600-
x(67)*x(68)))/11000)^2)+...% compensación LINEA 29-30
(0.01202014*((358100-x(55)*x(56))+ (175800-x(57)*x(58))+ (59500-
x(59)*x(60))+ (100-x(61)*x(62))+ (106700-x(63)*x(64))+ (800-
x(65)*x(66))+ (126600-x(67)*x(68)))/11000)^2)+...% compensación LINEA 28-
29
(0.00360580*((16200-x(53)*x(54))+ (358100-x(55)*x(56))+ (175800-
x(57)*x(58))+ (59500-x(59)*x(60))+ (100-x(61)*x(62))+ (106700-
x(63)*x(64))+ (800-x(65)*x(66))+ (126600-x(67)*x(68)))/11000)^2)+...%
compensación LINEA 27-28

```

```

(0.01202014*((14000-x(51)*x(52))+(16200-x(53)*x(54))+(358100-
x(55)*x(56))+(175800-x(57)*x(58))+(59500-x(59)*x(60))+(100-
x(61)*x(62))+(106700-x(63)*x(64))+(800-x(65)*x(66))+(126600-
x(67)*x(68)))/11000)^2)+...% compensación LINEA 1-27 ***FINALISTA
(0.00540870*((4300-x(49)*x(50)))/11000)^2)+...% compensación LINEA
25-26
(0.00841434*((190700-x(47)*x(48))+(4300-x(49)*x(50)))/11000)^2)+...%
compensación LINEA 24-25
(0.00751289*((41200-x(45)*x(46))+(190700-x(47)*x(48))+(4300-
x(49)*x(50)))/11000)^2)+...% compensación LINEA 23-24
(0.00510862*((45900-x(43)*x(44))+(41200-x(45)*x(46))+(190700-
x(47)*x(48))+(4300-x(49)*x(50)))/11000)^2)+...% compensación LINEA 16-23
****
(0.00120153*((163000-x(41)*x(42)))/11000)^2)+...% compensación LINEA
21-22
(0.00721160*((280500-x(39)*x(40))+(163000-
x(41)*x(42)))/11000)^2)+...% compensación LINEA 20-21
(0.02734600*((253000-x(37)*x(38))+(280500-x(39)*x(40))+(163000-
x(41)*x(42)))/11000)^2)+...% compensación LINEA 19-20
(0.00961587*((551900-x(35)*x(36))+(253000-x(37)*x(38))+(280500-
x(39)*x(40))+(163000-x(41)*x(42)))/11000)^2)+...% compensación LINEA 18-
19
(0.02854753*((348400-x(33)*x(34))+(551900-x(35)*x(36))+(253000-
x(37)*x(38))+(280500-x(39)*x(40))+(163000-x(41)*x(42)))/11000)^2)+...%
compensación LINEA 17-18
(0.01322167*((431700-x(31)*x(32))+(348400-x(33)*x(34))+(551900-
x(35)*x(36))+(253000-x(37)*x(38))+(280500-x(39)*x(40))+(163000-
x(41)*x(42)))/11000)^2)+...% compensación LINEA 16-17 ***
(0.03606042*((406100-x(29)*x(30))+(45900-x(43)*x(44))+(41200-
x(45)*x(46))+(190700-x(47)*x(48))+(4300-x(49)*x(50))+(431700-
x(31)*x(32))+(348400-x(33)*x(34))+(551900-x(35)*x(36))+(253000-
x(37)*x(38))+(280500-x(39)*x(40))+(163000-x(41)*x(42)))/11000)^2)+...%
compensación LINEA 15-16 ***
(0.04958217*((196500-x(27)*x(28))+(406100-x(29)*x(30))+(45900-
x(43)*x(44))+(41200-x(45)*x(46))+(190700-x(47)*x(48))+(4300-
x(49)*x(50))+(431700-x(31)*x(32))+(348400-x(33)*x(34))+(551900-
x(35)*x(36))+(253000-x(37)*x(38))+(280500-x(39)*x(40))+(163000-
x(41)*x(42)))/11000)^2)+...% compensación LINEA 1-15
)*0.554*1.136*8.760))+...

(x(2)*800+x(4)*800+x(6)*800+x(8)*800+x(10)*800+x(12)*800+x(14)*800+x(16)*
800+x(18)*800+x(20)*800+...

x(22)*800+x(24)*800+x(26)*800+x(28)*800+x(30)*800+x(32)*800+x(34)*800+x(3
6)*800+x(38)*800+x(40)*800+x(42)*800+x(44)*800+...

x(46)*800+x(48)*800+x(50)*800+x(52)*800+x(54)*800+x(56)*800+x(58)*800+x(6
0)*800+x(62)*800+x(64)*800+x(66)*800+x(68)*800)/(1.07)^(6))+...fin t=6
((( -159878.54976+( ( ...
(0.8696875*((11700-x(1)*x(2))/11000)^2)+... % TR2
(1.5488*((254200-x(3)*x(4))/11000)^2)+... % TR3 %Inicio
sumatoria P'TRLoss
(0.8696875*((203000-x(5)*x(6))/11000)^2)+... % TR4
(0.8696875*((243300-x(7)*x(8))/11000)^2)+... % TR5

```

```

(0.8696875*((153400-x(9)*x(10))/(11000))^2)+... % TR6
(2.22549734*((146100-x(11)*x(12))/(11000))^2)+...% TR7
(1.5488*((157400-x(13)*x(14))/(11000))^2)+... % TR8
(1.5488*((203000-x(15)*x(16))/(11000))^2)+... % TR9
(1.5488*((67700-x(17)*x(18))/(11000))^2)+... % TR10
(2.22549734*((149300-x(19)*x(20))/(11000))^2)+...% TR11
(2.22549734*((113100-x(21)*x(22))/(11000))^2)+...% TR12
(1.5488*((21900-x(23)*x(24))/(11000))^2)+... % TR13
(1.5488*((87000-x(25)*x(26))/(11000))^2)+... % TR14
(0.8696875*((196500-x(27)*x(28))/(11000))^2)+... % TR15
(0.8696875*((406100-x(29)*x(30))/(11000))^2)+... % TR16
(0.8696875*((431700-x(31)*x(32))/(11000))^2)+... % TR17
(0.8696875*((348400-x(33)*x(34))/(11000))^2)+... % TR18
(0.8696875*((551900-x(35)*x(36))/(11000))^2)+... % TR19
(0.8696875*((253000-x(37)*x(38))/(11000))^2)+... % TR20
(0.8696875*((280500-x(39)*x(40))/(11000))^2)+... % TR21
(1.5488*((163000-x(41)*x(42))/(11000))^2)+... % TR22
(2.22549734*((45900-x(43)*x(44))/(11000))^2)+... % TR23
(2.22549734*((41200-x(45)*x(46))/(11000))^2)+... % TR24
(0.8696875*((190700-x(47)*x(48))/(11000))^2)+... % TR25
(0.8696875*((4300-x(49)*x(50))/(11000))^2)+... % TR26
(1.5488*((14000-x(51)*x(52))/(11000))^2)+... % TR27
(1.5488*((16200-x(53)*x(54))/(11000))^2)+... % TR28
(0.8696875*((358100-x(55)*x(56))/(11000))^2)+... % TR29
(0.8696875*((175800-x(57)*x(58))/(11000))^2)+... % TR30
(0.8696875*((59500-x(59)*x(60))/(11000))^2)+... % TR31
(2.22549734*((100-x(61)*x(62))/(11000))^2)+... % TR32
(1.5488*((106700-x(63)*x(64))/(11000))^2)+... % TR33
(1.5488*((800-x(65)*x(66))/(11000))^2)+... % TR34
(1.5488*((126600-x(67)*x(68))/(11000))^2)... % TR35
%Fin sumatoria P'TRLoss OK
)+... % Inicio sumatoria P'LineaLoss
((0.01412312*((87440-x(25)*x(26)))/11000)^2)+... % compensación
LINEA 13-14
(0.00751289*((21990-x(23)*x(24))+(87440-x(25)*x(26)))/11000)^2)+...
% compensación LINEA 12-13
(0.00841434*((113100-x(21)*x(22))+(21990-x(23)*x(24))+(87440-
x(25)*x(26)))/11000)^2)+... % compensación (1) LINEA 11-12
(0.01172006*((149300-x(19)*x(20))+(113100-x(21)*x(22))+(21990-
x(23)*x(24))+(87440-x(25)*x(26)))/11000)^2)+... % compensación LINEA 10-
11
(0.02073456*((67700-x(17)*x(18))+(149300-x(19)*x(20))+(113100-
x(21)*x(22))+(21990-x(23)*x(24))+(87440-x(25)*x(26)))/11000)^2)+... %
compensación LINEA 9-10
(0.00390709*((203000-x(15)*x(16))+(67700-x(17)*x(18))+(149300-
x(19)*x(20))+(113100-x(21)*x(22))+(21990-x(23)*x(24))+(87440-
x(25)*x(26)))/11000)^2)+... % compensación (1) LINEA 4-9 ***
(0.00931579*((157400-x(13)*x(14)))/11000)^2)+...% compensación LINEA
7-8
(0.00390709*((146100-x(11)*x(12))+(157400-
x(13)*x(14)))/11000)^2)+...% compensación LINEA 6-7
(0.01412312*((153400-x(9)*x(10))+(146100-x(11)*x(12))+(157400-
x(13)*x(14)))/11000)^2)+...% compensación LINEA 5-6

```

```

(0.01412312*((243300-x(7)*x(8))+(153400-x(9)*x(10))+(146100-
x(11)*x(12))+(157400-x(13)*x(14)))/11000)^2)+...% compensación LINEA 4-5
***
(0.00751289*((203000-x(5)*x(6))+(243300-x(7)*x(8))+(153400-
x(9)*x(10))+(146100-x(11)*x(12))+(157400-x(13)*x(14))+(203000-
x(15)*x(16))+(67700-x(17)*x(18))+(149300-x(19)*x(20))+(113100-
x(21)*x(22))+(21990-x(23)*x(24))+(87440-x(25)*x(26)))/11000)^2)+... %
compensación (1) LINEA 3-4
(0.00841434*((254200-x(3)*x(4))+(203000-x(5)*x(6))+(243300-
x(7)*x(8))+(153400-x(9)*x(10))+(146100-x(11)*x(12))+(157400-
x(13)*x(14))+(203000-x(15)*x(16))+(67700-x(17)*x(18))+(149300-
x(19)*x(20))+(113100-x(21)*x(22))+(21990-x(23)*x(24))+(87440-
x(25)*x(26)))/11000)^2)+... % compensación (1) LINEA 2-3
(0.01172006*((11700-x(1)*x(2))+(254200-x(3)*x(4))+(203000-
x(5)*x(6))+(243300-x(7)*x(8))+(153400-x(9)*x(10))+(146100-
x(11)*x(12))+(157400-x(13)*x(14))+(203000-x(15)*x(16))+(67700-
x(17)*x(18))+(149300-x(19)*x(20))+(113100-x(21)*x(22))+(21990-
x(23)*x(24))+(87440-x(25)*x(26)))/11000)^2)+... % compensación (1) LINEA
1-2
(0.00360580*((126600-x(67)*x(68)))/11000)^2)+...% compensación LINEA
34-35
(0.00360580*((800-x(65)*x(66))+(126600-x(67)*x(68)))/11000)^2)+...%
compensación LINEA 33-34
(0.00781297*((106700-x(63)*x(64))+(800-x(65)*x(66))+(126600-
x(67)*x(68)))/11000)^2)+...% compensación LINEA 32-33
(0.00240427*((100-x(61)*x(62))+(106700-x(63)*x(64))+(800-
x(65)*x(66))+(126600-x(67)*x(68)))/11000)^2)+...% compensación LINEA 31-
32
(0.01382304*((59500-x(59)*x(60))+(100-x(61)*x(62))+(106700-
x(63)*x(64))+(800-x(65)*x(66))+(126600-x(67)*x(68)))/11000)^2)+...%
compensación LINEA 30-31
(0.00661144*((175800-x(57)*x(58))+(59500-x(59)*x(60))+(100-
x(61)*x(62))+(106700-x(63)*x(64))+(800-x(65)*x(66))+(126600-
x(67)*x(68)))/11000)^2)+...% compensación LINEA 29-30
(0.01202014*((358100-x(55)*x(56))+(175800-x(57)*x(58))+(59500-
x(59)*x(60))+(100-x(61)*x(62))+(106700-x(63)*x(64))+(800-
x(65)*x(66))+(126600-x(67)*x(68)))/11000)^2)+...% compensación LINEA 28-
29
(0.00360580*((16200-x(53)*x(54))+(358100-x(55)*x(56))+(175800-
x(57)*x(58))+(59500-x(59)*x(60))+(100-x(61)*x(62))+(106700-
x(63)*x(64))+(800-x(65)*x(66))+(126600-x(67)*x(68)))/11000)^2)+...%
compensación LINEA 27-28
(0.01202014*((14000-x(51)*x(52))+(16200-x(53)*x(54))+(358100-
x(55)*x(56))+(175800-x(57)*x(58))+(59500-x(59)*x(60))+(100-
x(61)*x(62))+(106700-x(63)*x(64))+(800-x(65)*x(66))+(126600-
x(67)*x(68)))/11000)^2)+...% compensación LINEA 1-27 ***FINALISTA
(0.00540870*((4300-x(49)*x(50)))/11000)^2)+...% compensación LINEA
25-26
(0.00841434*((190700-x(47)*x(48))+(4300-x(49)*x(50)))/11000)^2)+...%
compensación LINEA 24-25
(0.00751289*((41200-x(45)*x(46))+(190700-x(47)*x(48))+(4300-
x(49)*x(50)))/11000)^2)+...% compensación LINEA 23-24

```

```

(0.00510862*(((45900-x(43)*x(44))+ (41200-x(45)*x(46))+ (190700-
x(47)*x(48))+ (4300-x(49)*x(50)))/11000)^2)+...% compensación LINEA 16-23
****
(0.00120153*(((163000-x(41)*x(42)))/11000)^2)+...% compensación LINEA
21-22
(0.00721160*(((280500-x(39)*x(40))+ (163000-
x(41)*x(42)))/11000)^2)+...% compensación LINEA 20-21
(0.02734600*(((253000-x(37)*x(38))+ (280500-x(39)*x(40))+ (163000-
x(41)*x(42)))/11000)^2)+...% compensación LINEA 19-20
(0.00961587*(((551900-x(35)*x(36))+ (253000-x(37)*x(38))+ (280500-
x(39)*x(40))+ (163000-x(41)*x(42)))/11000)^2)+...% compensación LINEA 18-
19
(0.02854753*(((348400-x(33)*x(34))+ (551900-x(35)*x(36))+ (253000-
x(37)*x(38))+ (280500-x(39)*x(40))+ (163000-x(41)*x(42)))/11000)^2)+...%
compensación LINEA 17-18
(0.01322167*(((431700-x(31)*x(32))+ (348400-x(33)*x(34))+ (551900-
x(35)*x(36))+ (253000-x(37)*x(38))+ (280500-x(39)*x(40))+ (163000-
x(41)*x(42)))/11000)^2)+...% compensación LINEA 16-17 ***
(0.03606042*(((406100-x(29)*x(30))+ (45900-x(43)*x(44))+ (41200-
x(45)*x(46))+ (190700-x(47)*x(48))+ (4300-x(49)*x(50))+ (431700-
x(31)*x(32))+ (348400-x(33)*x(34))+ (551900-x(35)*x(36))+ (253000-
x(37)*x(38))+ (280500-x(39)*x(40))+ (163000-x(41)*x(42)))/11000)^2)+...%
compensación LINEA 15-16 ***
(0.04958217*(((196500-x(27)*x(28))+ (406100-x(29)*x(30))+ (45900-
x(43)*x(44))+ (41200-x(45)*x(46))+ (190700-x(47)*x(48))+ (4300-
x(49)*x(50))+ (431700-x(31)*x(32))+ (348400-x(33)*x(34))+ (551900-
x(35)*x(36))+ (253000-x(37)*x(38))+ (280500-x(39)*x(40))+ (163000-
x(41)*x(42)))/11000)^2)...% compensación LINEA 1-15
)*0.554*1.136*8.760)+...

(x(2)*800+x(4)*800+x(6)*800+x(8)*800+x(10)*800+x(12)*800+x(14)*800+x(16)*
800+x(18)*800+x(20)*800+...

x(22)*800+x(24)*800+x(26)*800+x(28)*800+x(30)*800+x(32)*800+x(34)*800+x(3
6)*800+x(38)*800+x(40)*800+x(42)*800+x(44)*800+...

x(46)*800+x(48)*800+x(50)*800+x(52)*800+x(54)*800+x(56)*800+x(58)*800+x(6
0)*800+x(62)*800+x(64)*800+x(66)*800+x(68)*800)/ (1.07)^(7)))+...fin t=7
((( (-159878.54976+ (...
(0.8696875* ((11700-x(1)*x(2))/ (11000))^2)+... % TR2
(1.5488* ((254200-x(3)*x(4))/ (11000))^2)+... % TR3 %Inicio
sumatoria P'TRLoss
(0.8696875* ((203000-x(5)*x(6))/ (11000))^2)+... % TR4
(0.8696875* ((243300-x(7)*x(8))/ (11000))^2)+... % TR5
(0.8696875* ((153400-x(9)*x(10))/ (11000))^2)+... % TR6
(2.22549734* ((146100-x(11)*x(12))/ (11000))^2)+...% TR7
(1.5488* ((157400-x(13)*x(14))/ (11000))^2)+... % TR8
(1.5488* ((203000-x(15)*x(16))/ (11000))^2)+... % TR9
(1.5488* ((67700-x(17)*x(18))/ (11000))^2)+... % TR10
(2.22549734* ((149300-x(19)*x(20))/ (11000))^2)+...% TR11
(2.22549734* ((113100-x(21)*x(22))/ (11000))^2)+...% TR12
(1.5488* ((21900-x(23)*x(24))/ (11000))^2)+... % TR13
(1.5488* ((87000-x(25)*x(26))/ (11000))^2)+... % TR14
(0.8696875* ((196500-x(27)*x(28))/ (11000))^2)+... % TR15

```

```

(0.8696875*((406100-x(29)*x(30))/(11000))^2)+... % TR16
(0.8696875*((431700-x(31)*x(32))/(11000))^2)+... % TR17
(0.8696875*((348400-x(33)*x(34))/(11000))^2)+... % TR18
(0.8696875*((551900-x(35)*x(36))/(11000))^2)+... % TR19
(0.8696875*((253000-x(37)*x(38))/(11000))^2)+... % TR20
(0.8696875*((280500-x(39)*x(40))/(11000))^2)+... % TR21
(1.5488*((163000-x(41)*x(42))/(11000))^2)+... % TR22
(2.22549734*((45900-x(43)*x(44))/(11000))^2)+... % TR23
(2.22549734*((41200-x(45)*x(46))/(11000))^2)+... % TR24
(0.8696875*((190700-x(47)*x(48))/(11000))^2)+... % TR25
(0.8696875*((4300-x(49)*x(50))/(11000))^2)+... % TR26
(1.5488*((14000-x(51)*x(52))/(11000))^2)+... % TR27
(1.5488*((16200-x(53)*x(54))/(11000))^2)+... % TR28
(0.8696875*((358100-x(55)*x(56))/(11000))^2)+... % TR29
(0.8696875*((175800-x(57)*x(58))/(11000))^2)+... % TR30
(0.8696875*((59500-x(59)*x(60))/(11000))^2)+... % TR31
(2.22549734*((100-x(61)*x(62))/(11000))^2)+... % TR32
(1.5488*((106700-x(63)*x(64))/(11000))^2)+... % TR33
(1.5488*((800-x(65)*x(66))/(11000))^2)+... % TR34
(1.5488*((126600-x(67)*x(68))/(11000))^2)+... % TR35
%Fin sumatoria P'TRLoss OK
)+... % Inicio sumatoria P'LineaLoss
((0.01412312*((87440-x(25)*x(26)))/11000)^2)+... % compensación
LINEA 13-14
(0.00751289*((21990-x(23)*x(24))+(87440-x(25)*x(26)))/11000)^2)+...
% compensación LINEA 12-13
(0.00841434*((113100-x(21)*x(22))+(21990-x(23)*x(24))+(87440-
x(25)*x(26)))/11000)^2)+... % compensación (1) LINEA 11-12
(0.01172006*((149300-x(19)*x(20))+(113100-x(21)*x(22))+(21990-
x(23)*x(24))+(87440-x(25)*x(26)))/11000)^2)+... % compensación LINEA 10-
11
(0.02073456*((67700-x(17)*x(18))+(149300-x(19)*x(20))+(113100-
x(21)*x(22))+(21990-x(23)*x(24))+(87440-x(25)*x(26)))/11000)^2)+... %
compensación LINEA 9-10
(0.00390709*((203000-x(15)*x(16))+(67700-x(17)*x(18))+(149300-
x(19)*x(20))+(113100-x(21)*x(22))+(21990-x(23)*x(24))+(87440-
x(25)*x(26)))/11000)^2)+... % compensación (1) LINEA 4-9 ***
(0.00931579*((157400-x(13)*x(14)))/11000)^2)+...% compensación LINEA
7-8
(0.00390709*((146100-x(11)*x(12))+(157400-
x(13)*x(14)))/11000)^2)+...% compensación LINEA 6-7
(0.01412312*((153400-x(9)*x(10))+(146100-x(11)*x(12))+(157400-
x(13)*x(14)))/11000)^2)+...% compensación LINEA 5-6
(0.01412312*((243300-x(7)*x(8))+(153400-x(9)*x(10))+(146100-
x(11)*x(12))+(157400-x(13)*x(14)))/11000)^2)+...% compensación LINEA 4-5
***
(0.00751289*((203000-x(5)*x(6))+(243300-x(7)*x(8))+(153400-
x(9)*x(10))+(146100-x(11)*x(12))+(157400-x(13)*x(14))+(203000-
x(15)*x(16))+(67700-x(17)*x(18))+(149300-x(19)*x(20))+(113100-
x(21)*x(22))+(21990-x(23)*x(24))+(87440-x(25)*x(26)))/11000)^2)+... %
compensación (1) LINEA 3-4
(0.00841434*((254200-x(3)*x(4))+(203000-x(5)*x(6))+(243300-
x(7)*x(8))+(153400-x(9)*x(10))+(146100-x(11)*x(12))+(157400-
x(13)*x(14))+(203000-x(15)*x(16))+(67700-x(17)*x(18))+(149300-

```

```

x(19)*x(20))+ (113100-x(21)*x(22))+ (21990-x(23)*x(24))+ (87440-
x(25)*x(26))/11000)^2)+... % compensación (1) LINEA 2-3
(0.01172006*((11700-x(1)*x(2))+ (254200-x(3)*x(4))+ (203000-
x(5)*x(6))+ (243300-x(7)*x(8))+ (153400-x(9)*x(10))+ (146100-
x(11)*x(12))+ (157400-x(13)*x(14))+ (203000-x(15)*x(16))+ (67700-
x(17)*x(18))+ (149300-x(19)*x(20))+ (113100-x(21)*x(22))+ (21990-
x(23)*x(24))+ (87440-x(25)*x(26))/11000)^2)+... % compensación (1) LINEA
1-2
(0.00360580*((126600-x(67)*x(68))/11000)^2)+...% compensación LINEA
34-35
(0.00360580*((800-x(65)*x(66))+ (126600-x(67)*x(68))/11000)^2)+...%
compensación LINEA 33-34
(0.00781297*((106700-x(63)*x(64))+ (800-x(65)*x(66))+ (126600-
x(67)*x(68))/11000)^2)+...% compensación LINEA 32-33
(0.00240427*((100-x(61)*x(62))+ (106700-x(63)*x(64))+ (800-
x(65)*x(66))+ (126600-x(67)*x(68))/11000)^2)+...% compensación LINEA 31-
32
(0.01382304*((59500-x(59)*x(60))+ (100-x(61)*x(62))+ (106700-
x(63)*x(64))+ (800-x(65)*x(66))+ (126600-x(67)*x(68))/11000)^2)+...%
compensación LINEA 30-31
(0.00661144*((175800-x(57)*x(58))+ (59500-x(59)*x(60))+ (100-
x(61)*x(62))+ (106700-x(63)*x(64))+ (800-x(65)*x(66))+ (126600-
x(67)*x(68))/11000)^2)+...% compensación LINEA 29-30
(0.01202014*((358100-x(55)*x(56))+ (175800-x(57)*x(58))+ (59500-
x(59)*x(60))+ (100-x(61)*x(62))+ (106700-x(63)*x(64))+ (800-
x(65)*x(66))+ (126600-x(67)*x(68))/11000)^2)+...% compensación LINEA 28-
29
(0.00360580*((16200-x(53)*x(54))+ (358100-x(55)*x(56))+ (175800-
x(57)*x(58))+ (59500-x(59)*x(60))+ (100-x(61)*x(62))+ (106700-
x(63)*x(64))+ (800-x(65)*x(66))+ (126600-x(67)*x(68))/11000)^2)+...%
compensación LINEA 27-28
(0.01202014*((14000-x(51)*x(52))+ (16200-x(53)*x(54))+ (358100-
x(55)*x(56))+ (175800-x(57)*x(58))+ (59500-x(59)*x(60))+ (100-
x(61)*x(62))+ (106700-x(63)*x(64))+ (800-x(65)*x(66))+ (126600-
x(67)*x(68))/11000)^2)+...% compensación LINEA 1-27 ***FINALISTA
(0.00540870*((4300-x(49)*x(50))/11000)^2)+...% compensación LINEA
25-26
(0.00841434*((190700-x(47)*x(48))+ (4300-x(49)*x(50))/11000)^2)+...%
compensación LINEA 24-25
(0.00751289*((41200-x(45)*x(46))+ (190700-x(47)*x(48))+ (4300-
x(49)*x(50))/11000)^2)+...% compensación LINEA 23-24
(0.00510862*((45900-x(43)*x(44))+ (41200-x(45)*x(46))+ (190700-
x(47)*x(48))+ (4300-x(49)*x(50))/11000)^2)+...% compensación LINEA 16-23
****
(0.00120153*((163000-x(41)*x(42))/11000)^2)+...% compensación LINEA
21-22
(0.00721160*((280500-x(39)*x(40))+ (163000-
x(41)*x(42))/11000)^2)+...% compensación LINEA 20-21
(0.02734600*((253000-x(37)*x(38))+ (280500-x(39)*x(40))+ (163000-
x(41)*x(42))/11000)^2)+...% compensación LINEA 19-20
(0.00961587*((551900-x(35)*x(36))+ (253000-x(37)*x(38))+ (280500-
x(39)*x(40))+ (163000-x(41)*x(42))/11000)^2)+...% compensación LINEA 18-
19

```

```

(0.02854753*((348400-x(33)*x(34))+(551900-x(35)*x(36))+(253000-
x(37)*x(38))+(280500-x(39)*x(40))+(163000-x(41)*x(42)))/11000)^2)+...%
compensación LINEA 17-18
(0.01322167*((431700-x(31)*x(32))+(348400-x(33)*x(34))+(551900-
x(35)*x(36))+(253000-x(37)*x(38))+(280500-x(39)*x(40))+(163000-
x(41)*x(42)))/11000)^2)+...% compensación LINEA 16-17 ***
(0.03606042*((406100-x(29)*x(30))+(45900-x(43)*x(44))+(41200-
x(45)*x(46))+(190700-x(47)*x(48))+(4300-x(49)*x(50))+(431700-
x(31)*x(32))+(348400-x(33)*x(34))+(551900-x(35)*x(36))+(253000-
x(37)*x(38))+(280500-x(39)*x(40))+(163000-x(41)*x(42)))/11000)^2)+...%
compensación LINEA 15-16 ***
(0.04958217*((196500-x(27)*x(28))+(406100-x(29)*x(30))+(45900-
x(43)*x(44))+(41200-x(45)*x(46))+(190700-x(47)*x(48))+(4300-
x(49)*x(50))+(431700-x(31)*x(32))+(348400-x(33)*x(34))+(551900-
x(35)*x(36))+(253000-x(37)*x(38))+(280500-x(39)*x(40))+(163000-
x(41)*x(42)))/11000)^2)+...% compensación LINEA 1-15
)*0.554*1.136*8.760))+...

(x(2)*800+x(4)*800+x(6)*800+x(8)*800+x(10)*800+x(12)*800+x(14)*800+x(16)*
800+x(18)*800+x(20)*800+...

x(22)*800+x(24)*800+x(26)*800+x(28)*800+x(30)*800+x(32)*800+x(34)*800+x(3
6)*800+x(38)*800+x(40)*800+x(42)*800+x(44)*800+...

x(46)*800+x(48)*800+x(50)*800+x(52)*800+x(54)*800+x(56)*800+x(58)*800+x(6
0)*800+x(62)*800+x(64)*800+x(66)*800+x(68)*800)/(1.07)^(8)))+...fin t=8
((( -159878.54976+(...
(0.8696875*((11700-x(1)*x(2))/(11000))^2)+... % TR2
(1.5488*((254200-x(3)*x(4))/(11000))^2)+... % TR3 %Inicio
sumatoria P'TRLoss
(0.8696875*((203000-x(5)*x(6))/(11000))^2)+... % TR4
(0.8696875*((243300-x(7)*x(8))/(11000))^2)+... % TR5
(0.8696875*((153400-x(9)*x(10))/(11000))^2)+... % TR6
(2.22549734*((146100-x(11)*x(12))/(11000))^2)+... % TR7
(1.5488*((157400-x(13)*x(14))/(11000))^2)+... % TR8
(1.5488*((203000-x(15)*x(16))/(11000))^2)+... % TR9
(1.5488*((67700-x(17)*x(18))/(11000))^2)+... % TR10
(2.22549734*((149300-x(19)*x(20))/(11000))^2)+... % TR11
(2.22549734*((113100-x(21)*x(22))/(11000))^2)+... % TR12
(1.5488*((21900-x(23)*x(24))/(11000))^2)+... % TR13
(1.5488*((87000-x(25)*x(26))/(11000))^2)+... % TR14
(0.8696875*((196500-x(27)*x(28))/(11000))^2)+... % TR15
(0.8696875*((406100-x(29)*x(30))/(11000))^2)+... % TR16
(0.8696875*((431700-x(31)*x(32))/(11000))^2)+... % TR17
(0.8696875*((348400-x(33)*x(34))/(11000))^2)+... % TR18
(0.8696875*((551900-x(35)*x(36))/(11000))^2)+... % TR19
(0.8696875*((253000-x(37)*x(38))/(11000))^2)+... % TR20
(0.8696875*((280500-x(39)*x(40))/(11000))^2)+... % TR21
(1.5488*((163000-x(41)*x(42))/(11000))^2)+... % TR22
(2.22549734*((45900-x(43)*x(44))/(11000))^2)+... % TR23
(2.22549734*((41200-x(45)*x(46))/(11000))^2)+... % TR24
(0.8696875*((190700-x(47)*x(48))/(11000))^2)+... % TR25
(0.8696875*((4300-x(49)*x(50))/(11000))^2)+... % TR26
(1.5488*((14000-x(51)*x(52))/(11000))^2)+... % TR27

```

```

(1.5488*((16200-x(53)*x(54))/(11000))^2)+... % TR28
(0.8696875*((358100-x(55)*x(56))/(11000))^2)+... % TR29
(0.8696875*((175800-x(57)*x(58))/(11000))^2)+... % TR30
(0.8696875*((59500-x(59)*x(60))/(11000))^2)+... % TR31
(2.22549734*((100-x(61)*x(62))/(11000))^2)+... % TR32
(1.5488*((106700-x(63)*x(64))/(11000))^2)+... % TR33
(1.5488*((800-x(65)*x(66))/(11000))^2)+... % TR34
(1.5488*((126600-x(67)*x(68))/(11000))^2)... % TR35
%Fin sumatoria P'TRLoss OK
)+... % Inicio sumatoria P'LineaLoss
((0.01412312*((87440-x(25)*x(26)))/11000)^2)+... % compensación
LINEA 13-14
(0.00751289*((21990-x(23)*x(24))+(87440-x(25)*x(26)))/11000)^2)+...
% compensación LINEA 12-13
(0.00841434*((113100-x(21)*x(22))+(21990-x(23)*x(24))+(87440-
x(25)*x(26)))/11000)^2)+... % compensación (1) LINEA 11-12
(0.01172006*((149300-x(19)*x(20))+(113100-x(21)*x(22))+(21990-
x(23)*x(24))+(87440-x(25)*x(26)))/11000)^2)+... % compensación LINEA 10-
11
(0.02073456*((67700-x(17)*x(18))+(149300-x(19)*x(20))+(113100-
x(21)*x(22))+(21990-x(23)*x(24))+(87440-x(25)*x(26)))/11000)^2)+... %
compensación LINEA 9-10
(0.00390709*((203000-x(15)*x(16))+(67700-x(17)*x(18))+(149300-
x(19)*x(20))+(113100-x(21)*x(22))+(21990-x(23)*x(24))+(87440-
x(25)*x(26)))/11000)^2)+... % compensación (1) LINEA 4-9 ***
(0.00931579*((157400-x(13)*x(14)))/11000)^2)+...% compensación LINEA
7-8
(0.00390709*((146100-x(11)*x(12))+(157400-
x(13)*x(14)))/11000)^2)+...% compensación LINEA 6-7
(0.01412312*((153400-x(9)*x(10))+(146100-x(11)*x(12))+(157400-
x(13)*x(14)))/11000)^2)+...% compensación LINEA 5-6
(0.01412312*((243300-x(7)*x(8))+(153400-x(9)*x(10))+(146100-
x(11)*x(12))+(157400-x(13)*x(14)))/11000)^2)+...% compensación LINEA 4-5
***
(0.00751289*((203000-x(5)*x(6))+(243300-x(7)*x(8))+(153400-
x(9)*x(10))+(146100-x(11)*x(12))+(157400-x(13)*x(14))+(203000-
x(15)*x(16))+(67700-x(17)*x(18))+(149300-x(19)*x(20))+(113100-
x(21)*x(22))+(21990-x(23)*x(24))+(87440-x(25)*x(26)))/11000)^2)+... %
compensación (1) LINEA 3-4
(0.00841434*((254200-x(3)*x(4))+(203000-x(5)*x(6))+(243300-
x(7)*x(8))+(153400-x(9)*x(10))+(146100-x(11)*x(12))+(157400-
x(13)*x(14))+(203000-x(15)*x(16))+(67700-x(17)*x(18))+(149300-
x(19)*x(20))+(113100-x(21)*x(22))+(21990-x(23)*x(24))+(87440-
x(25)*x(26)))/11000)^2)+... % compensación (1) LINEA 2-3
(0.01172006*((11700-x(1)*x(2))+(254200-x(3)*x(4))+(203000-
x(5)*x(6))+(243300-x(7)*x(8))+(153400-x(9)*x(10))+(146100-
x(11)*x(12))+(157400-x(13)*x(14))+(203000-x(15)*x(16))+(67700-
x(17)*x(18))+(149300-x(19)*x(20))+(113100-x(21)*x(22))+(21990-
x(23)*x(24))+(87440-x(25)*x(26)))/11000)^2)+... % compensación (1) LINEA
1-2
(0.00360580*((126600-x(67)*x(68)))/11000)^2)+...% compensación LINEA
34-35
(0.00360580*((800-x(65)*x(66))+(126600-x(67)*x(68)))/11000)^2)+...%
compensación LINEA 33-34

```

$(0.00781297 * ((106700 - x(63) * x(64)) + (800 - x(65) * x(66)) + (126600 - x(67) * x(68))) / 11000)^2 + \dots \% \text{compensación LINEA 32-33}$
 $(0.00240427 * ((100 - x(61) * x(62)) + (106700 - x(63) * x(64)) + (800 - x(65) * x(66)) + (126600 - x(67) * x(68))) / 11000)^2 + \dots \% \text{compensación LINEA 31-32}$
 $(0.01382304 * ((59500 - x(59) * x(60)) + (100 - x(61) * x(62)) + (106700 - x(63) * x(64)) + (800 - x(65) * x(66)) + (126600 - x(67) * x(68))) / 11000)^2 + \dots \% \text{compensación LINEA 30-31}$
 $(0.00661144 * ((175800 - x(57) * x(58)) + (59500 - x(59) * x(60)) + (100 - x(61) * x(62)) + (106700 - x(63) * x(64)) + (800 - x(65) * x(66)) + (126600 - x(67) * x(68))) / 11000)^2 + \dots \% \text{compensación LINEA 29-30}$
 $(0.01202014 * ((358100 - x(55) * x(56)) + (175800 - x(57) * x(58)) + (59500 - x(59) * x(60)) + (100 - x(61) * x(62)) + (106700 - x(63) * x(64)) + (800 - x(65) * x(66)) + (126600 - x(67) * x(68))) / 11000)^2 + \dots \% \text{compensación LINEA 28-29}$
 $(0.00360580 * ((16200 - x(53) * x(54)) + (358100 - x(55) * x(56)) + (175800 - x(57) * x(58)) + (59500 - x(59) * x(60)) + (100 - x(61) * x(62)) + (106700 - x(63) * x(64)) + (800 - x(65) * x(66)) + (126600 - x(67) * x(68))) / 11000)^2 + \dots \% \text{compensación LINEA 27-28}$
 $(0.01202014 * ((14000 - x(51) * x(52)) + (16200 - x(53) * x(54)) + (358100 - x(55) * x(56)) + (175800 - x(57) * x(58)) + (59500 - x(59) * x(60)) + (100 - x(61) * x(62)) + (106700 - x(63) * x(64)) + (800 - x(65) * x(66)) + (126600 - x(67) * x(68))) / 11000)^2 + \dots \% \text{compensación LINEA 1-27 ***FINALISTA}$
 $(0.00540870 * ((4300 - x(49) * x(50))) / 11000)^2 + \dots \% \text{compensación LINEA 25-26}$
 $(0.00841434 * ((190700 - x(47) * x(48)) + (4300 - x(49) * x(50))) / 11000)^2 + \dots \% \text{compensación LINEA 24-25}$
 $(0.00751289 * ((41200 - x(45) * x(46)) + (190700 - x(47) * x(48)) + (4300 - x(49) * x(50))) / 11000)^2 + \dots \% \text{compensación LINEA 23-24}$
 $(0.00510862 * ((45900 - x(43) * x(44)) + (41200 - x(45) * x(46)) + (190700 - x(47) * x(48)) + (4300 - x(49) * x(50))) / 11000)^2 + \dots \% \text{compensación LINEA 16-23 ****}$
 $(0.00120153 * ((163000 - x(41) * x(42))) / 11000)^2 + \dots \% \text{compensación LINEA 21-22}$
 $(0.00721160 * ((280500 - x(39) * x(40)) + (163000 - x(41) * x(42))) / 11000)^2 + \dots \% \text{compensación LINEA 20-21}$
 $(0.02734600 * ((253000 - x(37) * x(38)) + (280500 - x(39) * x(40)) + (163000 - x(41) * x(42))) / 11000)^2 + \dots \% \text{compensación LINEA 19-20}$
 $(0.00961587 * ((551900 - x(35) * x(36)) + (253000 - x(37) * x(38)) + (280500 - x(39) * x(40)) + (163000 - x(41) * x(42))) / 11000)^2 + \dots \% \text{compensación LINEA 18-19}$
 $(0.02854753 * ((348400 - x(33) * x(34)) + (551900 - x(35) * x(36)) + (253000 - x(37) * x(38)) + (280500 - x(39) * x(40)) + (163000 - x(41) * x(42))) / 11000)^2 + \dots \% \text{compensación LINEA 17-18}$
 $(0.01322167 * ((431700 - x(31) * x(32)) + (348400 - x(33) * x(34)) + (551900 - x(35) * x(36)) + (253000 - x(37) * x(38)) + (280500 - x(39) * x(40)) + (163000 - x(41) * x(42))) / 11000)^2 + \dots \% \text{compensación LINEA 16-17 ***}$
 $(0.03606042 * ((406100 - x(29) * x(30)) + (45900 - x(43) * x(44)) + (41200 - x(45) * x(46)) + (190700 - x(47) * x(48)) + (4300 - x(49) * x(50)) + (431700 - x(31) * x(32)) + (348400 - x(33) * x(34)) + (551900 - x(35) * x(36)) + (253000 - x(37) * x(38)) + (280500 - x(39) * x(40)) + (163000 - x(41) * x(42))) / 11000)^2 + \dots \% \text{compensación LINEA 15-16 ***}$
 $(0.04958217 * ((196500 - x(27) * x(28)) + (406100 - x(29) * x(30)) + (45900 - x(43) * x(44)) + (41200 - x(45) * x(46)) + (190700 - x(47) * x(48)) + (4300 -$

```

x(49)*x(50))+(431700-x(31)*x(32))+(348400-x(33)*x(34))+(551900-
x(35)*x(36))+(253000-x(37)*x(38))+(280500-x(39)*x(40))+(163000-
x(41)*x(42))/11000)^2)...% compensación LINEA 1-15
    )*0.554*1.136*8.760))+...

(x(2)*800+x(4)*800+x(6)*800+x(8)*800+x(10)*800+x(12)*800+x(14)*800+x(16)*
800+x(18)*800+x(20)*800+...

x(22)*800+x(24)*800+x(26)*800+x(28)*800+x(30)*800+x(32)*800+x(34)*800+x(3
6)*800+x(38)*800+x(40)*800+x(42)*800+x(44)*800+...

x(46)*800+x(48)*800+x(50)*800+x(52)*800+x(54)*800+x(56)*800+x(58)*800+x(6
0)*800+x(62)*800+x(64)*800+x(66)*800+x(68)*800)/(1.07)^(9))+...fin t=9
    (((-159878.54976+(...
    (0.8696875*((11700-x(1)*x(2))/(11000))^2)+... % TR2
    (1.5488*((254200-x(3)*x(4))/(11000))^2)+... % TR3 %Inicio
sumatoria P'TRLoss
    (0.8696875*((203000-x(5)*x(6))/(11000))^2)+... % TR4
    (0.8696875*((243300-x(7)*x(8))/(11000))^2)+... % TR5
    (0.8696875*((153400-x(9)*x(10))/(11000))^2)+... % TR6
    (2.22549734*((146100-x(11)*x(12))/(11000))^2)+...% TR7
    (1.5488*((157400-x(13)*x(14))/(11000))^2)+... % TR8
    (1.5488*((203000-x(15)*x(16))/(11000))^2)+... % TR9
    (1.5488*((67700-x(17)*x(18))/(11000))^2)+... % TR10
    (2.22549734*((149300-x(19)*x(20))/(11000))^2)+...% TR11
    (2.22549734*((113100-x(21)*x(22))/(11000))^2)+...% TR12
    (1.5488*((21900-x(23)*x(24))/(11000))^2)+... % TR13
    (1.5488*((87000-x(25)*x(26))/(11000))^2)+... % TR14
    (0.8696875*((196500-x(27)*x(28))/(11000))^2)+... % TR15
    (0.8696875*((406100-x(29)*x(30))/(11000))^2)+... % TR16
    (0.8696875*((431700-x(31)*x(32))/(11000))^2)+... % TR17
    (0.8696875*((348400-x(33)*x(34))/(11000))^2)+... % TR18
    (0.8696875*((551900-x(35)*x(36))/(11000))^2)+... % TR19
    (0.8696875*((253000-x(37)*x(38))/(11000))^2)+... % TR20
    (0.8696875*((280500-x(39)*x(40))/(11000))^2)+... % TR21
    (1.5488*((163000-x(41)*x(42))/(11000))^2)+... % TR22
    (2.22549734*((45900-x(43)*x(44))/(11000))^2)+... % TR23
    (2.22549734*((41200-x(45)*x(46))/(11000))^2)+... % TR24
    (0.8696875*((190700-x(47)*x(48))/(11000))^2)+... % TR25
    (0.8696875*((4300-x(49)*x(50))/(11000))^2)+... % TR26
    (1.5488*((14000-x(51)*x(52))/(11000))^2)+... % TR27
    (1.5488*((16200-x(53)*x(54))/(11000))^2)+... % TR28
    (0.8696875*((358100-x(55)*x(56))/(11000))^2)+... % TR29
    (0.8696875*((175800-x(57)*x(58))/(11000))^2)+... % TR30
    (0.8696875*((59500-x(59)*x(60))/(11000))^2)+... % TR31
    (2.22549734*((100-x(61)*x(62))/(11000))^2)+... % TR32
    (1.5488*((106700-x(63)*x(64))/(11000))^2)+... % TR33
    (1.5488*((800-x(65)*x(66))/(11000))^2)+... % TR34
    (1.5488*((126600-x(67)*x(68))/(11000))^2)... % TR35
%Fin sumatoria P'TRLoss OK
)+... % Inicio sumatoria P'LineaLoss
((0.01412312*((87440-x(25)*x(26))/(11000))^2)+... % compensación
LINEA 13-14

```

```

(0.00751289* (( (21990-x(23)*x(24))+(87440-x(25)*x(26)))/11000)^2)+...
% compensación LINEA 12-13
(0.00841434* (( (113100-x(21)*x(22))+(21990-x(23)*x(24))+(87440-
x(25)*x(26)))/11000)^2)+... % compensación (1) LINEA 11-12
(0.01172006* (( (149300-x(19)*x(20))+(113100-x(21)*x(22))+(21990-
x(23)*x(24))+(87440-x(25)*x(26)))/11000)^2)+... % compensación LINEA 10-
11
(0.02073456* (( (67700-x(17)*x(18))+(149300-x(19)*x(20))+(113100-
x(21)*x(22))+(21990-x(23)*x(24))+(87440-x(25)*x(26)))/11000)^2)+... %
compensación LINEA 9-10
(0.00390709* (( (203000-x(15)*x(16))+(67700-x(17)*x(18))+(149300-
x(19)*x(20))+(113100-x(21)*x(22))+(21990-x(23)*x(24))+(87440-
x(25)*x(26)))/11000)^2)+... % compensación (1) LINEA 4-9 ***
(0.00931579* (( (157400-x(13)*x(14)))/11000)^2)+...% compensación LINEA
7-8
(0.00390709* (( (146100-x(11)*x(12))+(157400-
x(13)*x(14)))/11000)^2)+...% compensación LINEA 6-7
(0.01412312* (( (153400-x(9)*x(10))+(146100-x(11)*x(12))+(157400-
x(13)*x(14)))/11000)^2)+...% compensación LINEA 5-6
(0.01412312* (( (243300-x(7)*x(8))+(153400-x(9)*x(10))+(146100-
x(11)*x(12))+(157400-x(13)*x(14)))/11000)^2)+...% compensación LINEA 4-5
***
(0.00751289* (( (203000-x(5)*x(6))+(243300-x(7)*x(8))+(153400-
x(9)*x(10))+(146100-x(11)*x(12))+(157400-x(13)*x(14))+(203000-
x(15)*x(16))+(67700-x(17)*x(18))+(149300-x(19)*x(20))+(113100-
x(21)*x(22))+(21990-x(23)*x(24))+(87440-x(25)*x(26)))/11000)^2)+... %
compensación (1) LINEA 3-4
(0.00841434* (( (254200-x(3)*x(4))+(203000-x(5)*x(6))+(243300-
x(7)*x(8))+(153400-x(9)*x(10))+(146100-x(11)*x(12))+(157400-
x(13)*x(14))+(203000-x(15)*x(16))+(67700-x(17)*x(18))+(149300-
x(19)*x(20))+(113100-x(21)*x(22))+(21990-x(23)*x(24))+(87440-
x(25)*x(26)))/11000)^2)+... % compensación (1) LINEA 2-3
(0.01172006* (( (11700-x(1)*x(2))+(254200-x(3)*x(4))+(203000-
x(5)*x(6))+(243300-x(7)*x(8))+(153400-x(9)*x(10))+(146100-
x(11)*x(12))+(157400-x(13)*x(14))+(203000-x(15)*x(16))+(67700-
x(17)*x(18))+(149300-x(19)*x(20))+(113100-x(21)*x(22))+(21990-
x(23)*x(24))+(87440-x(25)*x(26)))/11000)^2)+... % compensación (1) LINEA
1-2
(0.00360580* (( (126600-x(67)*x(68)))/11000)^2)+...% compensación LINEA
34-35
(0.00360580* (( (800-x(65)*x(66))+(126600-x(67)*x(68)))/11000)^2)+...%
compensación LINEA 33-34
(0.00781297* (( (106700-x(63)*x(64))+(800-x(65)*x(66))+(126600-
x(67)*x(68)))/11000)^2)+...% compensación LINEA 32-33
(0.00240427* (( (100-x(61)*x(62))+(106700-x(63)*x(64))+(800-
x(65)*x(66))+(126600-x(67)*x(68)))/11000)^2)+...% compensación LINEA 31-
32
(0.01382304* (( (59500-x(59)*x(60))+(100-x(61)*x(62))+(106700-
x(63)*x(64))+(800-x(65)*x(66))+(126600-x(67)*x(68)))/11000)^2)+...%
compensación LINEA 30-31
(0.00661144* (( (175800-x(57)*x(58))+(59500-x(59)*x(60))+(100-
x(61)*x(62))+(106700-x(63)*x(64))+(800-x(65)*x(66))+(126600-
x(67)*x(68)))/11000)^2)+...% compensación LINEA 29-30

```

```

(0.01202014*((358100-x(55)*x(56))+(175800-x(57)*x(58))+(59500-
x(59)*x(60))+(100-x(61)*x(62))+(106700-x(63)*x(64))+(800-
x(65)*x(66))+(126600-x(67)*x(68)))/11000)^2)+...% compensación LINEA 28-
29
(0.00360580*((16200-x(53)*x(54))+(358100-x(55)*x(56))+(175800-
x(57)*x(58))+(59500-x(59)*x(60))+(100-x(61)*x(62))+(106700-
x(63)*x(64))+(800-x(65)*x(66))+(126600-x(67)*x(68)))/11000)^2)+...%
compensación LINEA 27-28
(0.01202014*((14000-x(51)*x(52))+(16200-x(53)*x(54))+(358100-
x(55)*x(56))+(175800-x(57)*x(58))+(59500-x(59)*x(60))+(100-
x(61)*x(62))+(106700-x(63)*x(64))+(800-x(65)*x(66))+(126600-
x(67)*x(68)))/11000)^2)+...% compensación LINEA 1-27 ***FINALISTA
(0.00540870*((4300-x(49)*x(50)))/11000)^2)+...% compensación LINEA
25-26
(0.00841434*((190700-x(47)*x(48))+(4300-x(49)*x(50)))/11000)^2)+...%
compensación LINEA 24-25
(0.00751289*((41200-x(45)*x(46))+(190700-x(47)*x(48))+(4300-
x(49)*x(50)))/11000)^2)+...% compensación LINEA 23-24
(0.00510862*((45900-x(43)*x(44))+(41200-x(45)*x(46))+(190700-
x(47)*x(48))+(4300-x(49)*x(50)))/11000)^2)+...% compensación LINEA 16-23
****
(0.00120153*((163000-x(41)*x(42)))/11000)^2)+...% compensación LINEA
21-22
(0.00721160*((280500-x(39)*x(40))+(163000-
x(41)*x(42)))/11000)^2)+...% compensación LINEA 20-21
(0.02734600*((253000-x(37)*x(38))+(280500-x(39)*x(40))+(163000-
x(41)*x(42)))/11000)^2)+...% compensación LINEA 19-20
(0.00961587*((551900-x(35)*x(36))+(253000-x(37)*x(38))+(280500-
x(39)*x(40))+(163000-x(41)*x(42)))/11000)^2)+...% compensación LINEA 18-
19
(0.02854753*((348400-x(33)*x(34))+(551900-x(35)*x(36))+(253000-
x(37)*x(38))+(280500-x(39)*x(40))+(163000-x(41)*x(42)))/11000)^2)+...%
compensación LINEA 17-18
(0.01322167*((431700-x(31)*x(32))+(348400-x(33)*x(34))+(551900-
x(35)*x(36))+(253000-x(37)*x(38))+(280500-x(39)*x(40))+(163000-
x(41)*x(42)))/11000)^2)+...% compensación LINEA 16-17 ***
(0.03606042*((406100-x(29)*x(30))+(45900-x(43)*x(44))+(41200-
x(45)*x(46))+(190700-x(47)*x(48))+(4300-x(49)*x(50))+(431700-
x(31)*x(32))+(348400-x(33)*x(34))+(551900-x(35)*x(36))+(253000-
x(37)*x(38))+(280500-x(39)*x(40))+(163000-x(41)*x(42)))/11000)^2)+...%
compensación LINEA 15-16 ***
(0.04958217*((196500-x(27)*x(28))+(406100-x(29)*x(30))+(45900-
x(43)*x(44))+(41200-x(45)*x(46))+(190700-x(47)*x(48))+(4300-
x(49)*x(50))+(431700-x(31)*x(32))+(348400-x(33)*x(34))+(551900-
x(35)*x(36))+(253000-x(37)*x(38))+(280500-x(39)*x(40))+(163000-
x(41)*x(42)))/11000)^2)+...% compensación LINEA 1-15
)*0.554*1.136*8.760)+...

(x(2)*800+x(4)*800+x(6)*800+x(8)*800+x(10)*800+x(12)*800+x(14)*800+x(16)*
800+x(18)*800+x(20)*800+...

x(22)*800+x(24)*800+x(26)*800+x(28)*800+x(30)*800+x(32)*800+x(34)*800+x(3
6)*800+x(38)*800+x(40)*800+x(42)*800+x(44)*800+...

```

```

x(46)*800+x(48)*800+x(50)*800+x(52)*800+x(54)*800+x(56)*800+x(58)*800+x(60)*800+x(62)*800+x(64)*800+x(66)*800+x(68)*800)/(1.07)^(10))+(x(2)*5000+x(4)*5000+x(6)*5000+x(8)*5000+x(10)*5000+...

x(12)*5000+x(14)*5000+x(16)*5000+x(18)*5000+x(20)*5000+x(22)*5000+x(24)*5000+x(26)*5000+x(28)*5000+x(30)*5000+x(32)*5000+...

x(34)*5000+x(36)*5000+x(38)*5000+x(40)*5000+x(42)*5000+x(44)*5000+x(46)*5000+x(48)*5000+x(50)*5000+x(52)*5000+x(54)*5000+...

x(56)*5000+x(58)*5000+x(60)*5000+x(62)*5000+x(64)*5000+x(66)*5000+x(68)*5000)+0+0+0+0+(x(2)*7500+x(4)*7500+x(6)*7500+x(8)*7500+x(10)*7500+...

x(12)*7500+x(14)*7500+x(16)*7500+x(18)*7500+x(20)*7500+x(22)*7500+x(24)*7500+x(26)*7500+x(28)*7500+x(30)*7500+x(32)*7500+...

x(34)*7500+x(36)*7500+x(38)*7500+x(40)*7500+x(42)*7500+x(44)*7500+x(46)*7500+x(48)*7500+x(50)*7500+x(52)*7500+x(54)*7500+...

x(56)*7500+x(58)*7500+x(60)*7500+x(62)*7500+x(64)*7500+x(66)*7500+x(68)*7500))
    %fin t=10

```

ANEXO B. Restricciones de la función objetivo en Matlab

```
function [c, ceq] = restriccionesV2(x)
    c = [-x(1)*x(2)+25000;
        -x(3)*x(4)+25000; ...
        -x(5)*x(6)+25000; ...
        -x(7)*x(8)+25000; ...
        -x(9)*x(10)+25000; ...
        -x(11)*x(12)+25000; ...
        -x(13)*x(14)+25000; ...
        -x(15)*x(16)+25000; ...
        -x(17)*x(18)+25000; ...
        -x(19)*x(20)+25000; ...
        -x(21)*x(22)+25000; ...
        -x(23)*x(24)+25000; ...
        -x(25)*x(26)+25000; ...
        -x(27)*x(28)+25000; ...
        -x(29)*x(30)+25000; ...
        -x(31)*x(32)+25000; ...
        -x(33)*x(34)+25000; ...
        -x(35)*x(36)+25000; ...
        -x(37)*x(38)+25000; ...
        -x(39)*x(40)+25000; ...
        -x(41)*x(42)+25000; ...
        -x(43)*x(44)+25000; ...
        -x(45)*x(46)+25000; ...
        -x(47)*x(48)+25000; ...
        -x(49)*x(50)+25000; ...
        -x(51)*x(52)+25000; ...
        -x(53)*x(54)+25000; ...
        -x(55)*x(56)+25000; ...
        -x(57)*x(58)+25000; ...
        -x(59)*x(60)+25000; ...
        -x(61)*x(62)+25000; ...
        -x(63)*x(64)+25000; ...
        -x(65)*x(66)+25000; ...
        -x(67)*x(68)+25000; ...
        x(1)*x(2)-11700; ...
        x(3)*x(4)-234200; ...
        x(5)*x(6)-203000; ...
        x(7)*x(8)-243300; ...
        x(9)*x(10)-153400; ...
        x(11)*x(12)-146100; ...
        x(13)*x(14)-15740; ...
        x(15)*x(16)-203000; ...
        x(17)*x(18)-67000; ...
        x(19)*x(20)-149300; ...
        x(21)*x(22)-113100; ...
        x(23)*x(24)-21900; ...
        x(25)*x(26)-87000; ...
        x(27)*x(28)-196500; ...
        x(29)*x(30)-406100; ...
```

```
x(31)*x(32)-431700;...
x(33)*x(34)-384400;...
x(35)*x(36)-551900;...
x(37)*x(38)-253000;...
x(39)*x(40)-280500;...
x(41)*x(42)-163000;...
x(43)*x(44)-45900;...
x(45)*x(46)-41200;...
x(47)*x(48)-190700;...
x(49)*x(50)-4300;...
x(51)*x(52)-14000;...
x(53)*x(54)-16200;...
x(55)*x(56)-358100;...
x(57)*x(58)-175800;...
x(59)*x(60)-59500;...
x(61)*x(62)-100;...
x(63)*x(64)-106700;...
x(65)*x(66)-800;...
x(67)*x(68)-126600;...
]
ceq = [];
```

ANEXO C. Función objetivo a maximizar (valor presente neto)

$$\max NPV = \sum_{t=1}^T \frac{(C_t - C'_t) - OM_t}{(1 + d)^t} - (PC + IC)$$

$$\max NPV = \sum_{t=1}^T \frac{(P_{Loss} * F_{loss} * K_E * 8760 - P'_{Loss} * F_{loss} * K_E * 8760) - \sum_{i=1}^N X_i * K_O}{(1 + d)^t} - \left(\sum_{i=1}^N X_i * K_P + \sum_{i=1}^N X_i * K_I \right)$$