



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA



CONTROL TRANSACTIVO PARA MICRORREDES ELÉCTRICAS INTELIGENTES

Oscar I. Parra, Eduardo Mojica-Nava
Universidad Nacional de Colombia
Noviembre, 2019
Bogotá D.C.

CONTENIDO



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA



1. Descripción del problema

1. Despacho económico
2. Control transactivo
3. Social Welfare Problem

2. Algoritmo propuesto

1. ADMM
2. Problema de intercambio

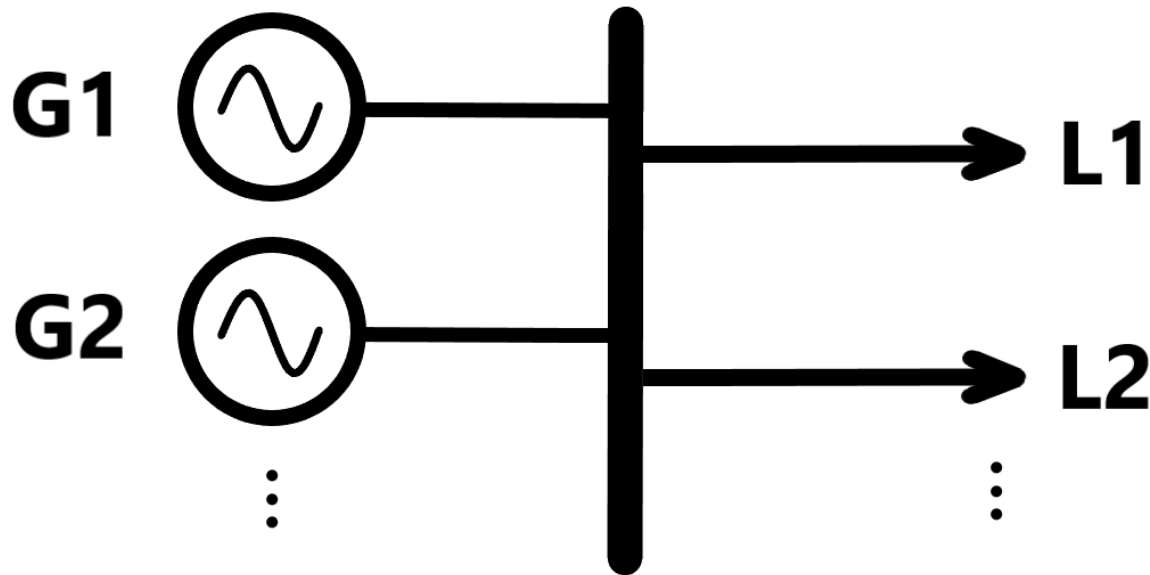
3. Resultados

4. Conclusiones

DESPACHO ECONÓMICO



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA



- El despacho económico debe cumplir

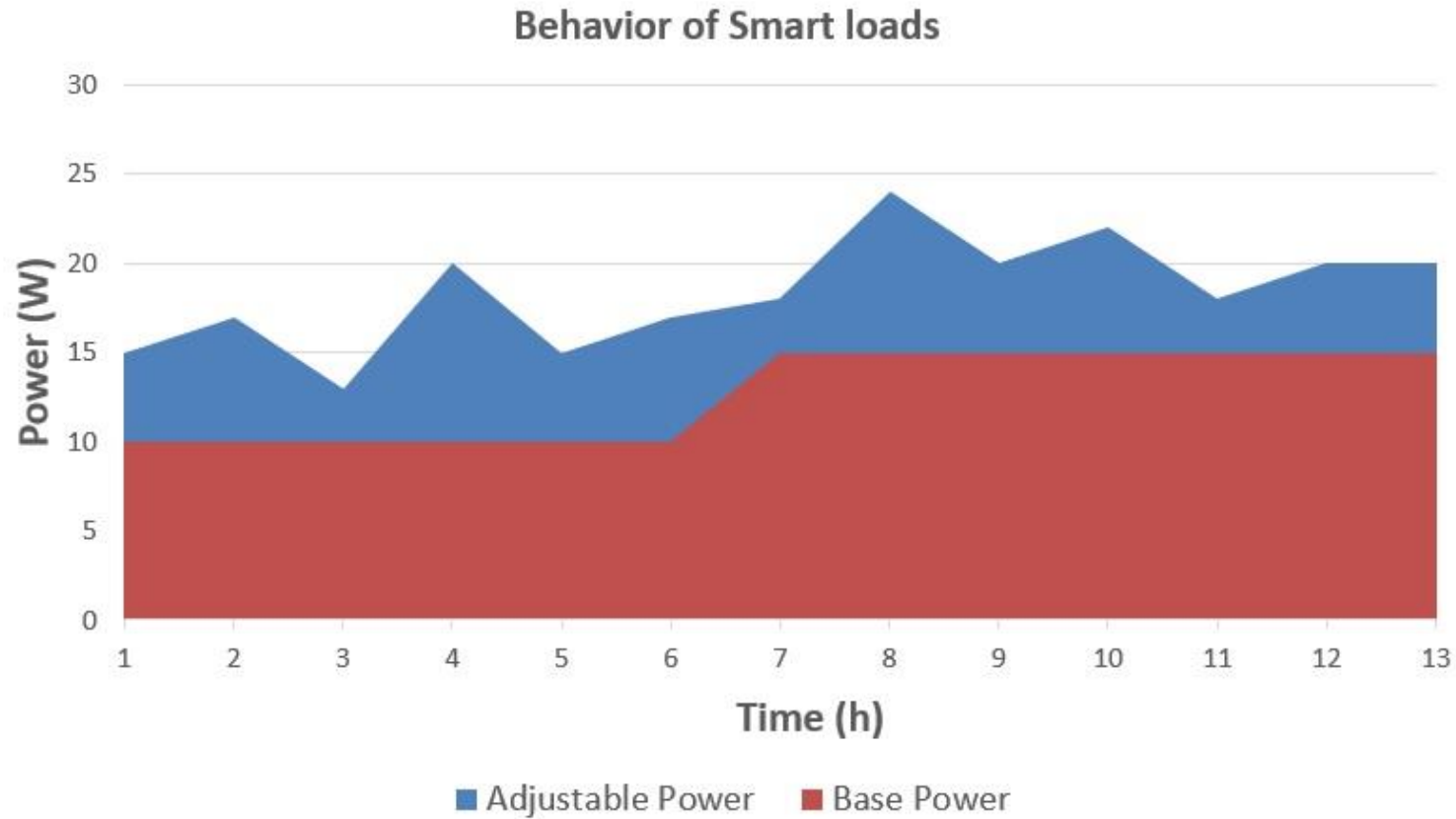
$$P_G = P_D$$
$$\sum_{i=1}^N p_i^g = \sum_{j=1}^M p_j^d$$

Donde p^g son las potencias generadas, p^d son las potencias demandadas y P_L son las pérdidas del sistema.

CARGAS INTELIGENTES



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA



CONTROL TRANSACTIVO



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA



Controlar el comportamiento de las cargas y generadores utilizando información económica

- **Funciones de costos**

SOCIAL WELFARE PROBLEM



$$\underset{p^g, p^d}{\text{minimizar}} \quad U(p^d) + C(p^g)$$

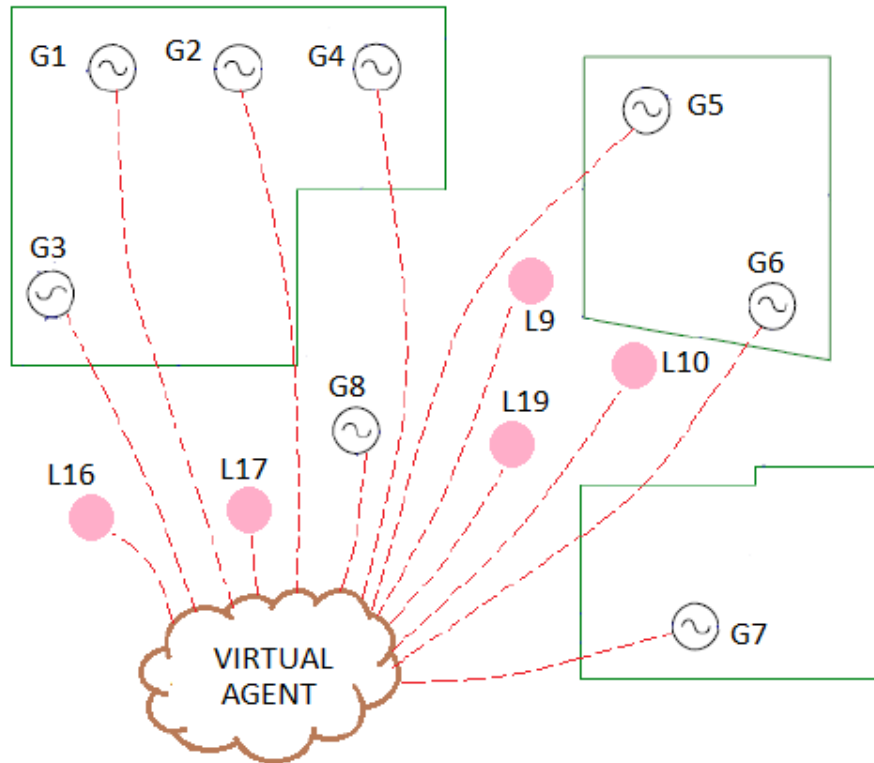
$$\text{Sujeto a} \quad \sum_{i=1}^N p_i^g + \sum_{j=1}^M p_j^d + \sum_{b=1}^B p_b^f = P_L$$

$$P_{max,i}^g \geq p_i^g \geq P_{min,i}^g, \quad i = 1, \dots, N$$

$$P_{max,j}^d \geq p_j^d \geq P_{min,j}^d, \quad j = 1, \dots, M$$

- Donde p^d es la potencia demandada, p^g es la potencia generada, p^f es la potencia base y P_L son las pérdidas del sistema.

MODELO DE RED



- Un **agente** virtual calcula un promedio del valor de potencias en la red.
- **Este** pone este promedio a disposición de todos los agentes durante el proceso.
- Este valor promedio **no** contiene información específica sobre los agentes.

ALGORITMO DISTRIBUIDO



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA



Alternating Direction Method of Multipliers

El problema:

minimizar $f(x) + g(z)$

sujeto a $Ax + Bz = c$

La solución:

$$x^{k+1} = \arg \min_x L_\rho(x, z^k, y^k)$$

$$z^{k+1} = \arg \min_z L_\rho(x^{k+1}, z, y^k)$$

$$y^{k+1} = y^k + \rho \cdot (Ax^{k+1} + Bz^{k+1} - c)$$

$$L_\rho(x, z, y) = f(x) + g(z) + y^\top \cdot (Ax + Bz - c) + \left(\frac{\rho}{2}\right) \cdot \|Ax + Bz - c\|^2$$

PROBLEMA DEL INTERCAMBIO



- El problema

$$\text{minimizar}_{x_i} \sum_{i=1}^N f_i(x_i) \quad \text{sujeto a} \quad \sum_{i=1}^N x_i = 0$$

- La solución

$$x_i^{k+1} := \arg \min_{x_i} \left(f_i(x_i) + \left(\frac{\rho}{2} \right) \cdot \| x_i - x_i^k + \bar{x}^k + u^k \|^2 \right)$$

$$u^{k+1} := u^k + \bar{x}^{k+1}$$

MODELOS DE CARGAS Y GENERADORES



- Modelo de **generadores distribuidos**:

$$C_i^g(p_i^g) = c_{g,i} \cdot \left(\frac{2\Delta P_i^g p_i^g - (p_i^g)^2}{\Delta P_i^g} \right)$$

- Modelo de **cargas ajustables**:

$$U_j^d(p_j^d) = \frac{-1}{V_{d,j}} \cdot \left(\frac{2\Delta P_j^d p_j^d - (p_j^d)^2}{\Delta P_j^d} \right)$$

SOLUCIÓN DEL PROBLEMA



- Actualización de las variables primarias y duales en el Social Welfare Problem

$$p_i^{g,k+1} := \arg \min_{p_i^g} \left(c_{g,i} \cdot \left(\frac{2\Delta P_i^g p_i^g - (p_i^g)^2}{\Delta P_i^g} \right) + \left(\frac{\rho}{2} \right) \cdot \| p_i^g - p_i^{g,k} + \bar{p}^k + \mathbf{u}^k \|^2 \right)$$

$$p_j^{d,k+1} := \arg \min_{p_j^d} \left(\frac{-1}{V_{d,j}} \cdot \left(\frac{2\Delta P_j^d p_j^d - (p_j^d)^2}{\Delta P_j^d} \right) + \left(\frac{\rho}{2} \right) \cdot \| p_j^d - p_j^{d,k} + \bar{p}^k + \mathbf{u}^k \|^2 \right)$$

$$\mathbf{u}^{k+1} := \mathbf{u}^k + \bar{p}^{k+1}$$

CASO DE ESTUDIO

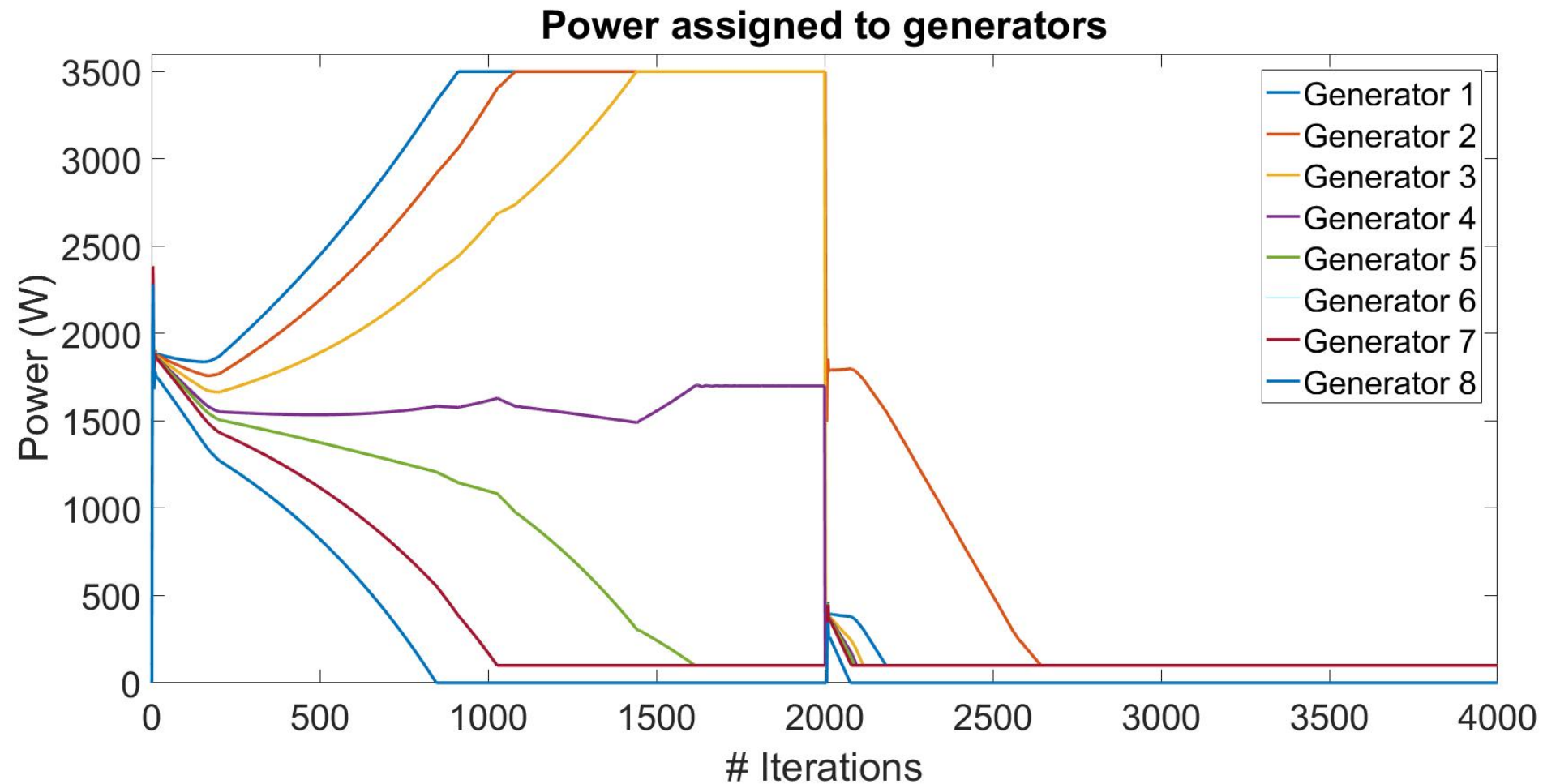


UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA



- Para poner a prueba el algoritmo ADMM en la solución del Social Welfare Problem se diseñó un caso de estudio. Primero se considera un conjunto de cargas fijas que representan una demanda base para el sistema. Con la carga base se puede verificar que los generadores atienden la demanda. Posterior a la estabilización del algoritmo, se elimina la demanda base para ver la reacción de los generadores y de las cargas al consumir la generación mínima.

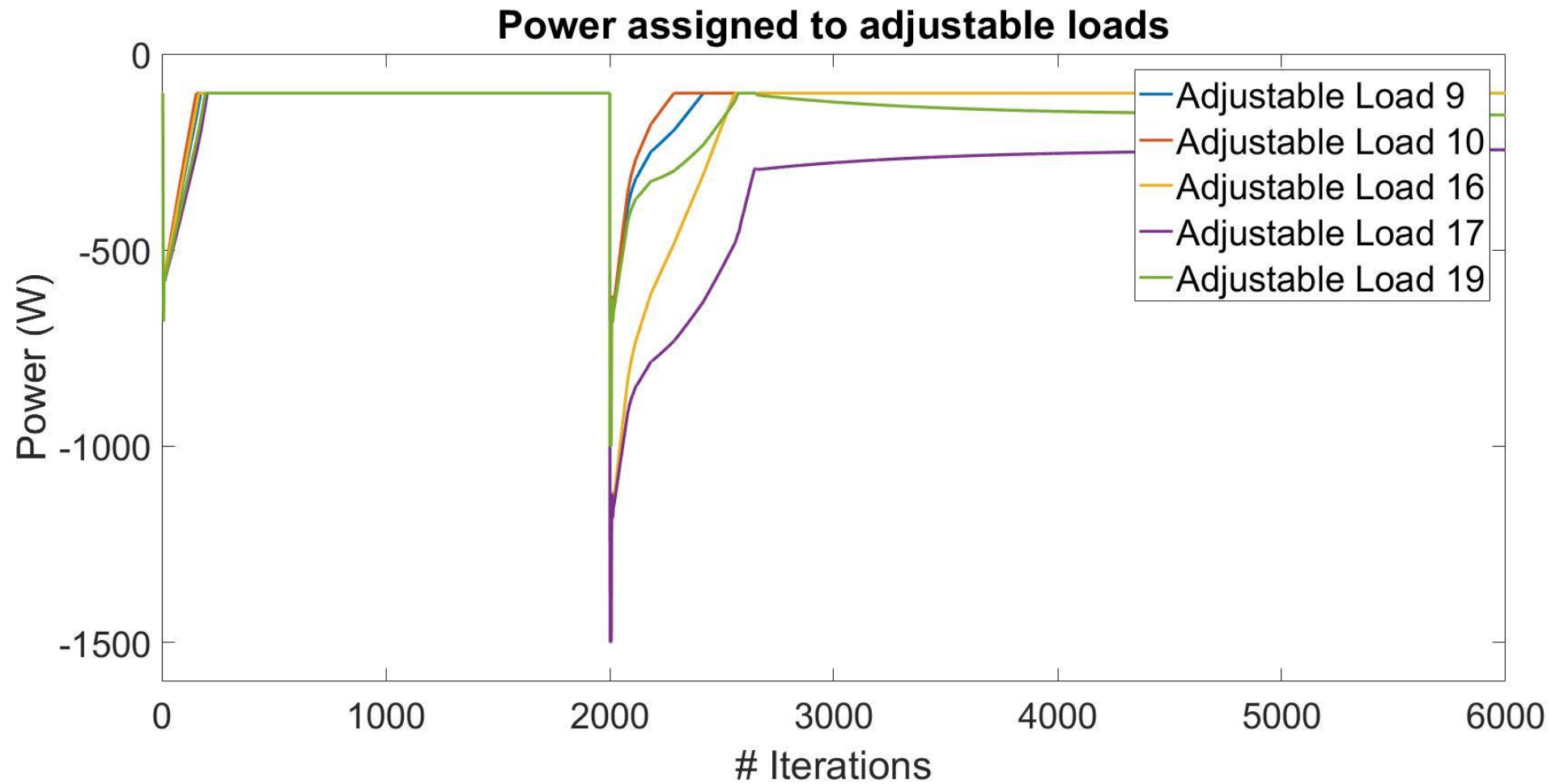
CASO DE ESTUDIO



CASO DE ESTUDIO



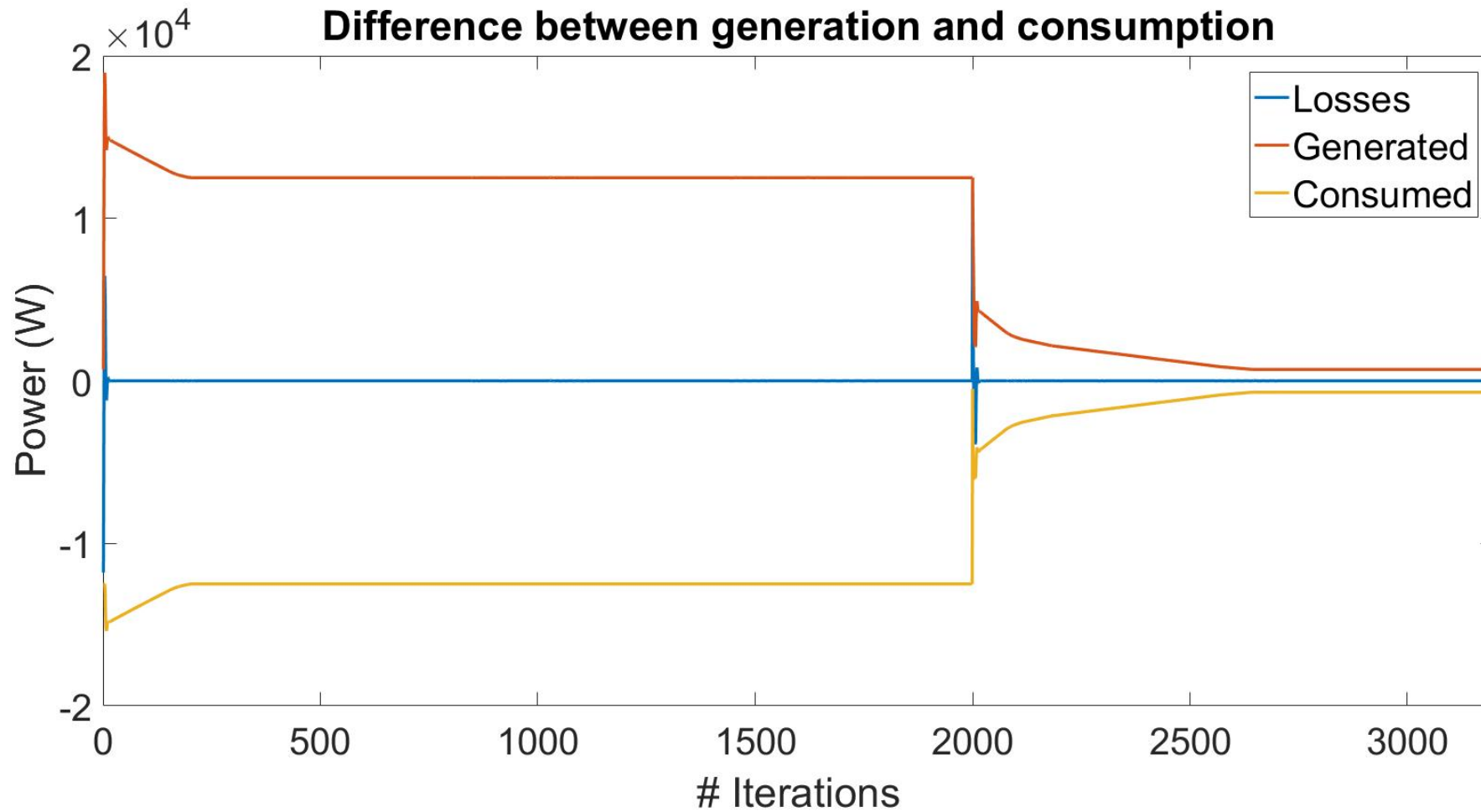
UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA



CASO DE ESTUDIO



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA



CONCLUSIONES



- Se soluciona el Social Welfare Problem por medio del ADMM para la asignación de recursos, donde la generación distribuida y las cargas Inteligentes son consideradas.
- La convergencia del algoritmo se pone a prueba por medio de la simulación de un caso de estudio. Además, el algoritmo converge sin importar los valores iniciales.
- A pesar de que el agente virtual maneja información global, durante el proceso la privacidad entre los agentes se mantiene al no otorgar información específica.

GRACIAS.