



Title: Análisis de Funciones de Aptitudes y Sintonización de Parámetros de Pesos para la Optimización de Protecciones

Authors: SHIH-MENG, Yen, LEZAMA-ZÁRRAGA, Francisco Román, CHAN-GONZALEZ, Jorge de Jesús and SALAZAR-UTIZ, Ricardo Rubén

Editorial label ECORFAN: 607-8695

BCIERMMI Control Number: 2021-01

BCIERMMI Classification (2021): 271021-0001

Pages: 12

RNA: 03-2010-032610115700-14

ECORFAN-México, S.C.

143 – 50 Itzopan Street

La Florida, Ecatepec Municipality

Mexico State, 55120 Zipcode

Phone: +52 1 55 6159 2296

Skype: ecorfan-mexico.s.c.

E-mail: contacto@ecorfan.org

Facebook: ECORFAN-México S. C.

Twitter: @EcorfanC

www.ecorfan.org

Holdings

Mexico	Colombia	Guatemala
Bolivia	Cameroon	Democratic
Spain	El Salvador	Republic
Ecuador	Taiwan	of Congo
Peru	Paraguay	Nicaragua

Introducción (Concepto de Coordinación)

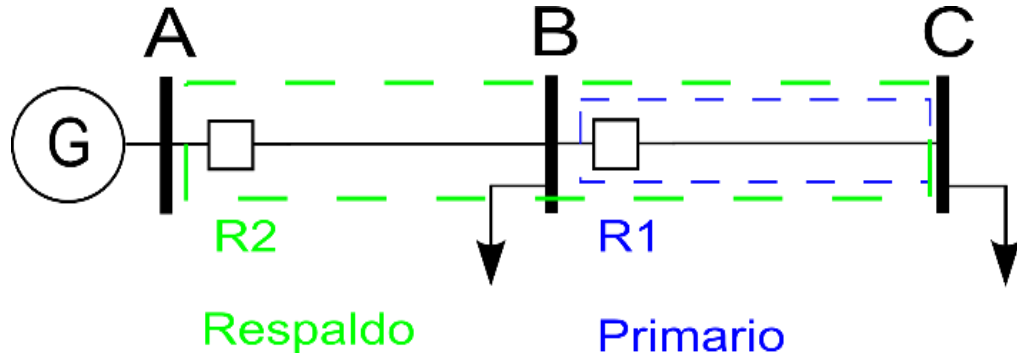


Figura 1 Traslapes de zonas de protección. *Elaboración propia.*

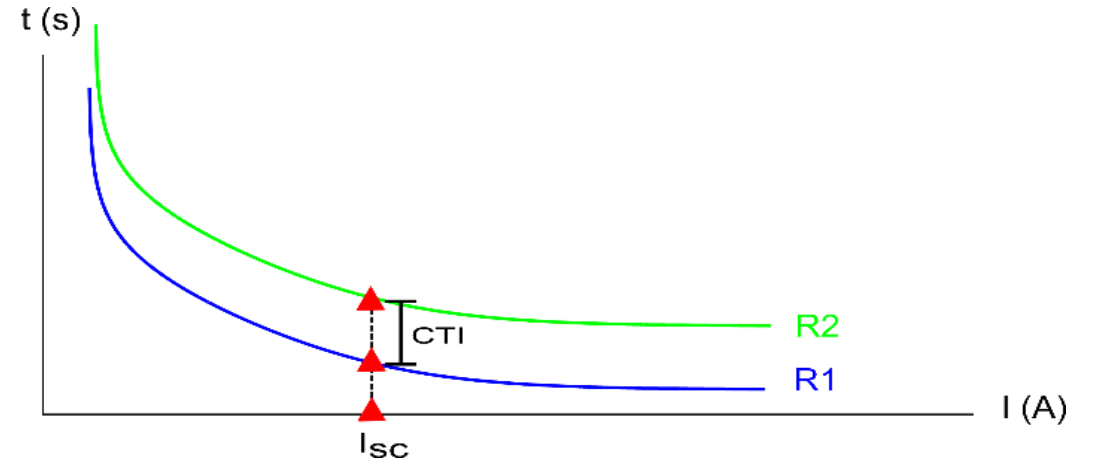


Figura 2 Operación de protección primaria y respaldo coordinadas de los relevadores R1 y R2. *Elaboración propia.*

$$t = \left[\frac{A}{\left(\frac{I_{scmax}}{I_p} \right)^n - 1} + B \right] * dial... (1)$$

Norma	Curva	A	B	n
IEEE	MI	0.0515	0.114	0.02
	VI	19.61	0.491	2
	EI	28.2	0.1267	2

Tabla 1 Constantes del Estándar IEEE. Fuente: *IEEE Standard Inverse-Time Characteristic Equations for Overcurrent Relays, IEEE std C37.112-1996.*

Objetivo (Coordinación-Optimización)

Evaluar las Funciones de Aptitudes y sintonizar los parámetros de pesos de las subfunciones objetivos propuesta para adecuar el motor de búsqueda de GA y resolver el problema de coordinación de DOCRs.

	f(x)	Método	Literaturas
I	$\sum_{j=1}^m t_{p,j}$	GA, PSO	Zeineldin, et al (2006); Mansour, et al (2007); Bedekar & Bhide (2011); Bedekar & Bhide (2011); Alam, et al (2015).
II	$\sum_{j=1}^m t_{p,j} + \sum_{j=1}^m t_{b,j}$	TLBO	Saha, et al (2016); Kalage, et al (2016).
III	$\left(\frac{MC}{P}\right) + \alpha \left(\frac{\sum_{j=1}^P t_{p,j}}{P}\right)$ $+ \beta \left(\frac{\sum_{j=1}^P t_{b,j}}{P}\right)$ $+ \delta \left(\sum_{L=1}^P E_{CTIL}\right)$	GA	Propuesta

Tabla 2 Funciones de Aptitudes. *Elaboración propia.*

Metodología (Coordinación-Optimización)

$f(x) \rightarrow \text{I, II, III}$ \rightarrow Funciones de aptitud

$t_b = t_p + CTI \dots (2)$ \rightarrow Restricción de igualdad

$dial_{min} \leq dial \leq dial_{max} \dots (3)$ \rightarrow Restricción de desigualdad

$I_{p_{min}} \leq I_p \leq \min(I_{sc_{min}}, I_{p_{max}}) \dots (4)$ \rightarrow Restricción de desigualdad

Metodología (Optimización por GA)

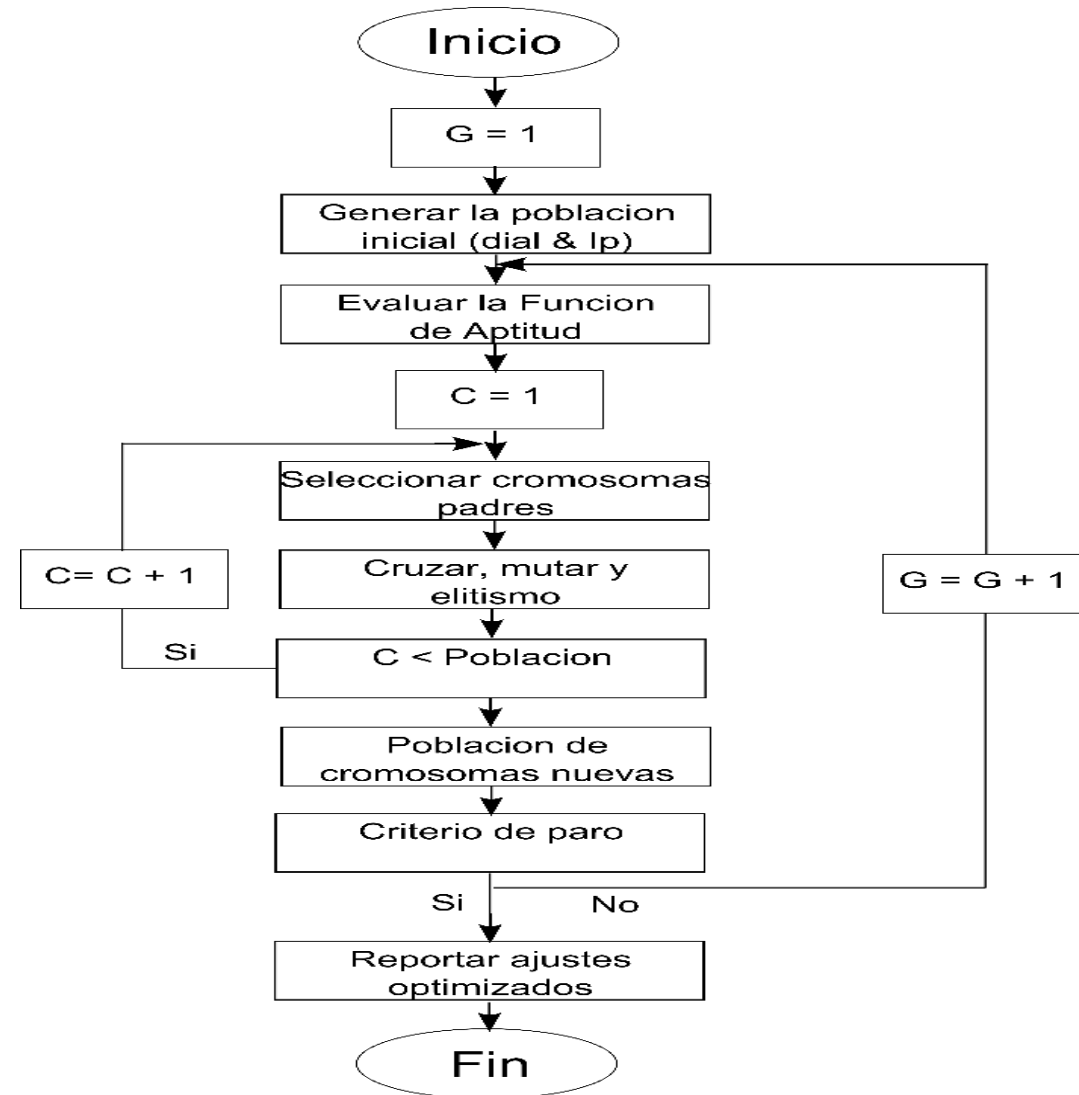


Figura 4 Diagrama de flujo de optimización de protecciones usando GA.
Elaboración propia.

Simulación

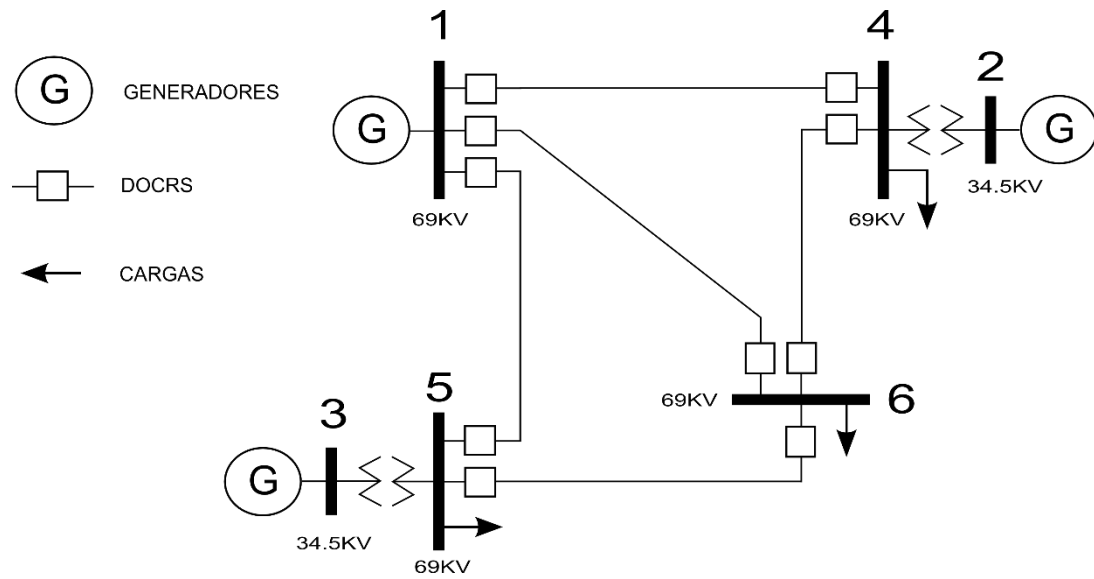


Figura 5 El sistema de 6 buses mallado. Fuente: Hadi Saadat, *Power system analysis*, McGraw-Hill, ISBN 0-07-561634-3, 1999.

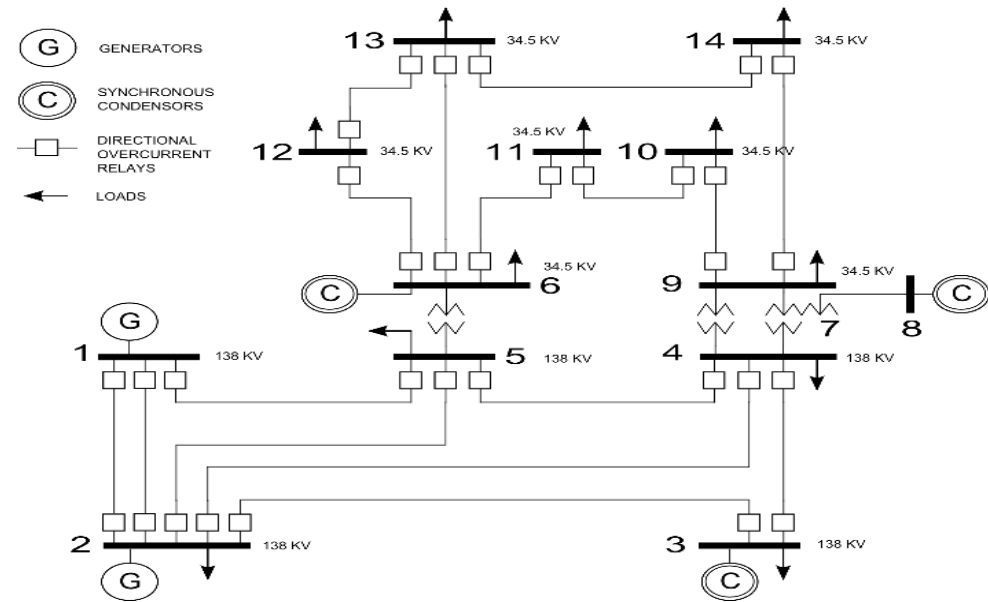


Figura 6 El sistema de prueba de IEEE 14 buses. Fuente: http://labs.ece.uw.edu/pstca/pf14/pg_tca14bus.htm.

Simulación

Parámetros	Valores
CTI	0.3
dial	[0.05:2.0]
Ip	[1.4:1.6]*Icarga
α, β, δ	Por definir, análisis de Fronteras de Pareto
Población	100
Generaciones	2,000
No. de líneas	5
No. de DOCRs	10
No. de variables de decisión	20
No. de restricciones	36

Tabla 2 Parámetros de optimización. *Elaboración propia.*

Bus	Bus	R	X	1/2 B
1	4	0.035	0.225	0.0065
1	5	0.025	0.105	0.0045
1	6	0.040	0.215	0.0055
2	4	0.000	0.035	0.0000
3	5	0.000	0.042	0.0000
4	6	0.028	0.125	0.0035
5	6	0.026	0.175	0.0300

Tabla 3 Parámetros de las líneas. *Fuente: Hadi Saadat, Power system analysis, McGraw-Hill, ISBN 0-07-561634-3, 1999.*

Bus	Generación				Carga		
	X'd	V	MW	Limites Mvar		MW	Mvar
				Min	Max		
1	0.20	1.060					
2	0.15	1.040	50	0	40		
3	0.25	1.030	30	0	20		
4						100	70
5						30	5
6						20	5

Tabla 4 Parámetros de los generadores y las cargas levemente modificados. *Fuente: Hadi Saadat, Power system analysis, McGraw-Hill, ISBN 0-07-561634-3, 1999.*

Resultados

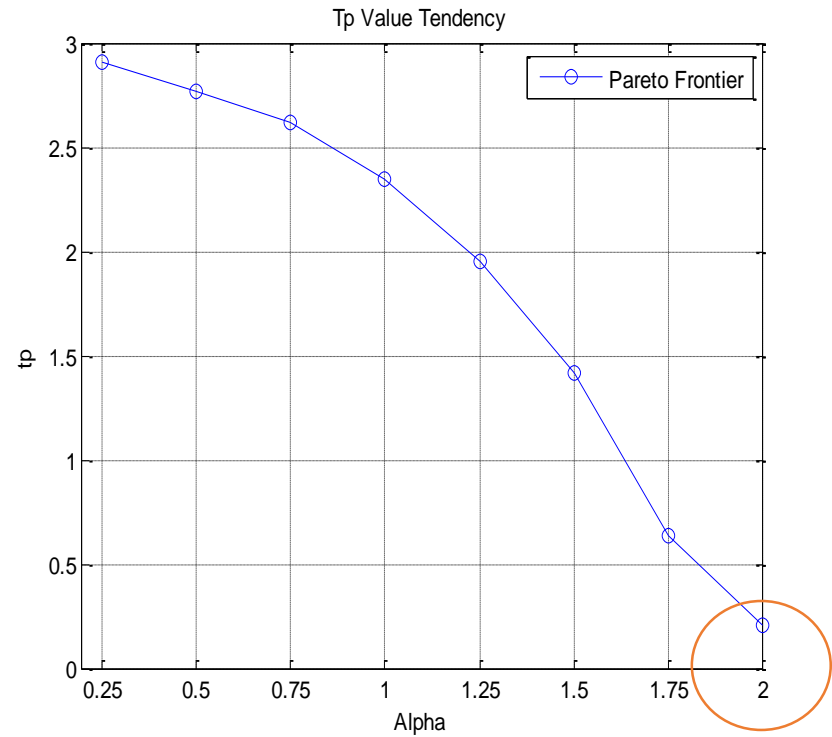


Figura 7 Frontera de Pareto del parámetro de peso α y la tendencia del tiempo de operación primaria. *Elaboración propia.*

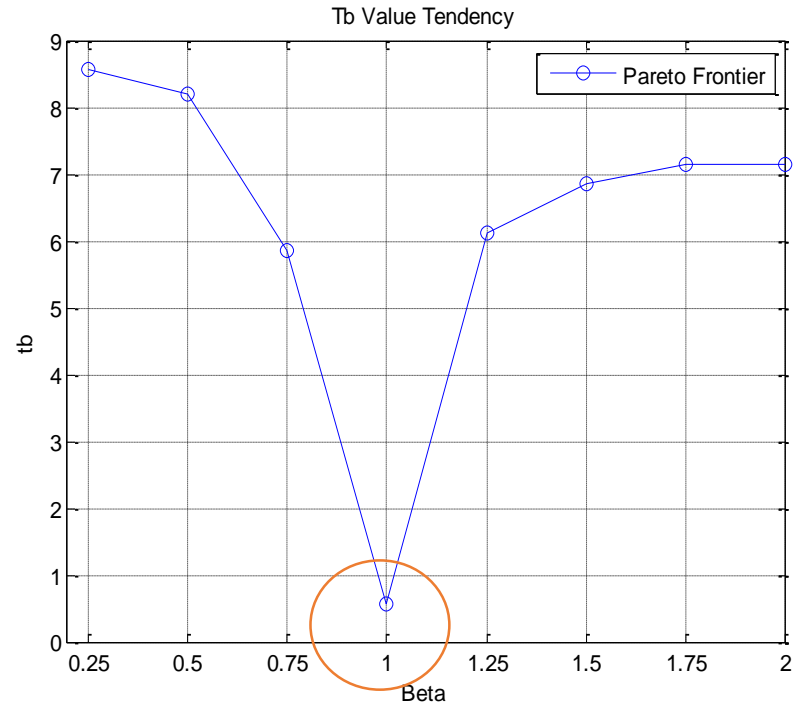


Figura 8 Frontera de Pareto del parámetro de peso β y la tendencia del tiempo de operación respaldo. *Elaboración propia.*

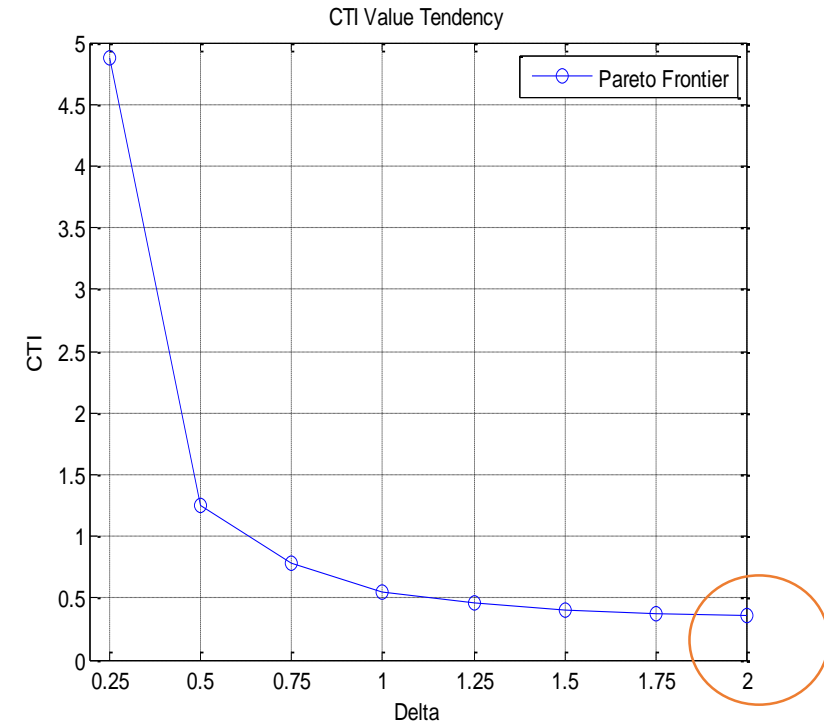


Figura 9 Frontera de Pareto del parámetro de peso δ y la tendencia del tiempo de operación CTI. *Elaboración propia.*

tp \rightarrow $\alpha = 2$

tb \rightarrow $\beta = 1$

CTI \rightarrow $\delta = 2$

Sintonización de los parámetros de pesos de la función de aptitud propuesta basado en el Sistema de 14 buses de IEEE.

Resultados

	f(x)	Literaturas
I	$\sum_{j=1}^m t_{p,j}$	Zeineldin, et al (2006); Mansour, et al (2007); Bedekar & Bhide (2011); Bedekar & Bhide (2011); Alam, et al (2015).
II	$\sum_{j=1}^m t_{p,j} + \sum_{j=1}^m t_{b,j}$	Saha, et al (2016); Kalage, et al (2016).
III	$\left(\frac{MC}{P}\right) + \alpha \left(\frac{\sum_{j=1}^P t_{p,j}}{P}\right) + \beta \left(\frac{\sum_{j=1}^P t_{b,j}}{P}\right) + \delta \left(\sum_{L=1}^P E_{CTI_L}\right)$	Propuesta

Tabla 2 Funciones de Aptitudes. *Elaboración propia.*

		GA			
		tp(seg)	tb(seg)	CTI(seg)	MC
I	Promedio	0.34	0.90	0.56	16
	SD	0.01	0.03	0.03	--
II	Promedio	0.34	0.88	0.54	14
	SD	0.01	0.02	0.02	--
III	Promedio	0.46	1.13	0.67	0
	SD	0.02	0.07	0.05	--

Tabla 5. Resultados promedios y desviación estándar de los tiempos de operaciones de DOCRs y perdidas de coordinación en 50 corridas de simulaciones independientes de las funciones de aptitudes I, II y III usando GA para el sistema de 6 buses mallado. *Elaboración propia.*

Resultados

Primario	Respaldo	GA			Primario Icc(A)	Respaldo Icc(A)
		tp(s)	tb(s)	CTI(s)		
4 6	1 4	0.44	1.15	0.71	7493	2338
1 5	4 1	0.64	2.23	1.60	7676	1900
1 6	4 1	0.37	2.19	1.81	8572	1921
5 6	1 5	0.43	0.75	0.31	6554	3676
1 4	5 1	0.33	0.77	0.43	7955	2363
1 6	5 1	0.37	0.73	0.36	8572	2508
6 4	1 6	0.48	0.93	0.45	4370	2127
6 5	1 6	0.48	0.88	0.40	5366	2231
1 4	6 1	0.33	1.33	1.00	7955	1451
1 5	6 1	0.64	1.09	0.45	7676	1633
6 1	4 6	0.32	0.89	0.56	5620	3186
6 5	4 6	0.48	0.92	0.44	5366	3104
4 1	6 4	0.44	0.97	0.53	7590	2433
6 1	5 6	0.32	0.87	0.55	5620	2405
6 4	5 6	0.48	0.96	0.48	4370	2216
5 1	6 5	0.54	0.86	0.32	5291	2413
PROMEDIO		0.44	1.09	0.65	--	--

Tabla 6 Tiempos de operación primario, respaldo, CTI y las corrientes de falla de las parejas de coordinación de una corrida de simulación. *Elaboración propia.*

DOCR	GA	
	dial	Ip
1 4	0.53	654
4 1	0.67	675
1 5	1.23	286
5 1	0.99	283
1 6	0.69	436
6 1	0.52	448
4 6	0.70	621
6 4	0.56	595
5 6	0.75	437
6 5	0.78	418

Tabla 7 Ajustes de dial y corriente de arranque para los relevadores de sobre corriente de una corrida de simulación. *Elaboración propia.*

Resultados

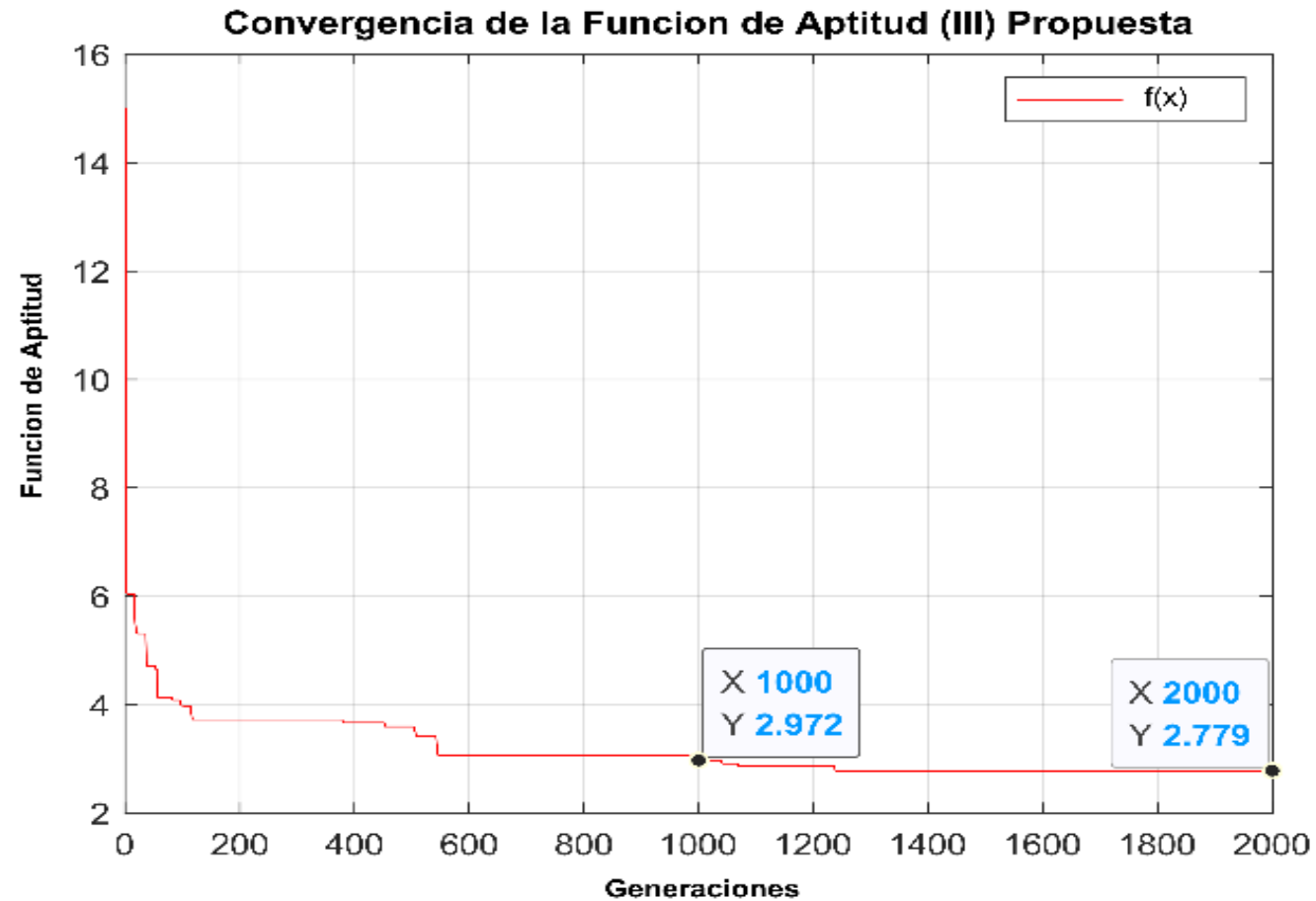


Figura 10 Convergencia del GA para el sistema de 6 buses mallado de una corrida de simulación. *Elaboración propia.*

Conclusiones

	Funciones de aptitudes	Observaciones	
I	$\sum_{j=1}^m t_{p,j}$	16 veces de pérdidas de coordinación en 50 corridas.	
II	$\sum_{j=1}^m t_{p,j} + \sum_{j=1}^m t_{b,j}$	14 veces de pérdidas de coordinación en 50 corridas.	
III	$\left(\frac{MC}{P}\right) + \alpha \left(\frac{\sum_{j=1}^P t_{p,j}}{P}\right)$ $+ \beta \left(\frac{\sum_{j=1}^P t_{b,j}}{P}\right) + \delta \left(\sum_{L=1}^P E_{CTIL}\right)$	0 veces de pérdidas de coordinación en 50 corridas.	La mejor

Parámetros	Sintonización por análisis de Frontera de Pareto
α, β, δ	[2, 1, 2]

Referencias

- Amraee T. (July 2012). Coordination of Directional Overcurrent Relays Using Seeker Algorithm. IEEE Transactions on Power Delivery, 27 (3), 1415-1422.
- Blackburn J. L. & Domin T. J. (2006). Protective relaying, principles and applications. (3rd edition). CRC Press Taylor & Francis Group.
- Gers J. M. & Holmes E. J. (2011). Protection of Electricity Distribution Networks. (3rd edition). IET.
- IEEE Standard Inverse-Time Characteristic Equations for Overcurrent Relays, IEEE std C37.112-1996.
- Noghabi A. S., Sadeh J. & Mashhadi H. R. (July 2010). Optimal coordination of directional overcurrent relays considering different network topologies using interval linear programming. IEEE Transactions on Power Delivery, 25 (3), 1348-1345.
- Saadat H. (1999). Power system analysis. McGraw-Hill.
- Singh M., Panigrahi B.K. & Abhyankar A.R. (2013). Optimal coordination of directional over-current relays using Teaching Learning-Based Optimization (TLBO) algorithm. Elsevier International Journal of Electrical Power and Energy Systems, 50, 33-41.
- Sueiro J. A., Diaz-Dorado E., Miguez E. & Cidras J. (2012). Coordination of directional overcurrent relays using evolutionary algorithm and linear programming. Elsevier International Journal of Electrical Power and Energy Systems, 42, 299-305.
- Urdaneta A. J., Restrepo H., Marquez S. & Sanchez J. (January 1996). Coordination of directional overcurrent relay timing using linear programming. IEEE Transactions on Power Delivery, 11 (1), 122-129.



ECORFAN®

© ECORFAN-Mexico, S.C.

No part of this document covered by the Federal Copyright Law may be reproduced, transmitted or used in any form or medium, whether graphic, electronic or mechanical, including but not limited to the following: Citations in articles and comments Bibliographical, compilation of radio or electronic journalistic data. For the effects of articles 13, 162,163 fraction I, 164 fraction I, 168, 169,209 fraction III and other relative of the Federal Law of Copyright. Violations: Be forced to prosecute under Mexican copyright law. The use of general descriptive names, registered names, trademarks, in this publication do not imply, uniformly in the absence of a specific statement, that such names are exempt from the relevant protector in laws and regulations of Mexico and therefore free for General use of the international scientific community. BCIERMMI is part of the media of ECORFAN-Mexico, S.C., E: 94-443.F: 008- (www.ecorfan.org/booklets)