

Utilización de Algoritmos Evolucionarios para Asignación de Recursos

L. Osorio¹, E. Fernández^{1,2}, H. Merlino^{1,2}, D. Rodríguez¹, P. Britos^{1,2}, R. García-Martínez^{1,2}

¹Centro de Ingeniería de Software e Ingeniería del Conocimiento. Escuela de Postgrado. Instituto Tecnológico de Buenos Aires

²Laboratorio de Sistemas Inteligentes. Facultad de Ingeniería. Universidad de Buenos Aires.
rgm@itba.edu.ar

Resumen

Los algoritmos Genéticos, y su generalización: los Algoritmos Evolucionarios; presentan una alternativa para solucionar problemas de optimización complejos. Si bien entenderlos es sumamente sencillo, debido a que se asemejan a los procesos naturales que poseen las especies para su supervivencia, aplicarlos a un problema real implica la construcción de un sistema de alta complejidad. El presente trabajo contiene el estudio, desarrollo, implementación y prueba de un sistema que aplica Algoritmos Evolucionarios para resolver el problema de la asignación de recursos humanos a tareas vinculadas a la construcción de cañerías para fluidos relacionados con el petróleo.

Palabras claves: algoritmos genéticos, logística, asignación de recursos humanos.

Abstract

Genetic algorithms and its generalization: evolutionary algorithms present an alternative to solve complex problems of optimization. If it is easy to understand them, because they are similar to the natural processes that the species possess for its survival, to apply them to a real problem implies the construction of a system of high complexity. This work presents the study, development, implementation, and testing of a system that applies evolutionary algorithms, to solve the problem about assigning human resources to tasks linked to the construction of pipings for fluids related to oil.

Key words: genetic algorithms, logistics, human resources assignment.

1- Introducción

En presente proyecto fue desarrollado para solucionar los problemas de asignación de recursos humanos a proyectos de construcción de gasoductos, oleoductos, acueductos y montaje prefabricado de cañerías en plantas de procesamiento relacionadas con la actividad petrolera. El mismo será utilizado por la empresa GLP en la provincia de Chubut.

En la actualidad, en la empresa GLP, el problema de la asignación de recursos comienza con el inicio de un emprendimiento por encargo de un cliente. Luego de la definición del emprendimiento la persona que se encarga de la administración y dirección de proyectos realiza la lista de tareas necesarias. Cada tarea involucra una determinada cantidad y tipos de recursos humanos para ser llevada a cabo. Luego de confeccionada la lista de tareas procede a realizar la búsqueda de los individuos que van a formar parte del emprendimiento; para ello tiene que acceder a un archivo de fichas individuales de personas que pueden ser contratadas. Esta búsqueda consiste en determinar la cantidad y los tipos de individuos que mejor se adapten a las tareas requeridas; pero a la vez debe tener en cuenta las horas ociosas. Las horas ociosas se producen por tiempos en donde algunos individuos podrían no tener asignada ninguna tarea durante la ejecución del proyecto. En la figura 1, a modo de ejemplo se muestra el armado de una tubería de Alta Presión:



Figura 1- Armado de uan tubería de Alta Presión

Para optimizar el proceso de asignación de recursos a las distintas tareas se desarrollo sistema que aplicando Algoritmos Evolucionarios[1] optimisa la cantidad de horas ociosas (obteniendo la dotación de personal que menor cantidad de horas ociosas produzca) en función del personal disponible para la obra y la cantidad y tipo de tareas a desarrollar.

2 Estado de la Cuestión

2.1 Tareas y Recursos

Cuando a GLP se le encomienda un nuevo emprendimiento necesita organizar sus recursos humanos en función de las tareas que lo componen. Para ello la persona encargada de la asignación enumera la lista de tareas necesarias junto con los recursos humanos que cada una de estas tarea necesita. Luego comienza a verificar si en la lista de personal de empresa se encuentran las personas que pueden llevar a cabo cada una de las tareas; si existen tareas que no están cubiertas por el personal existente en GLP se inicia el proceso de búsqueda y contratación. Una vez que todas los puestos están asignados puede lanzarse la ejecución del emprendimiento. Este ultimo paso finaliza la tarea de asignación de recursos humanos. A continuación se definen los tipos de tareas, los tipos

de recursos humanos y las características que hacen a los distintos recursos humanos mas o menos aptos para realizar las tareas.

➤ Tipos de Tareas:

En la tabla 1 se enumeran las diferentes tareas que se pueden llegar a realizar en un emprendimiento de GLP.

Código	Tareas	Código	Tareas
T1AT	Análisis de terreno	T5SC	Soldadura de cañería
T2AR	Asignación de recursos	T6EC	Enterrado de cañería
T3DC	Desfile de cañerías	T7PH	Prueba hidráulica
T4TP	Trazado de pista	T8ES	Envío de Scraper

Tabla 1- Lista de tipos de tareas

➤ Recursos Humanos:

En la tabla 2 se enumeran a todos los tipos de recursos humanos que pueden ser contratados por GLP.

Código	Descripción	Código	Descripción
H01JH	Jefe de obra	H08TP	Topografos
H02SM	Supervisor de movimientos de suelo	H09SO	Soldadores
H03SS	Supervisor de soldadura	H10AM	Amoladores
H04JS	Jefe de soldadura	H11AY	Ayudantes
H05JM	Jefe de movimientos de suelo	H12CV	Choferes de equipos viales
H06JC	Jefe de control de calidad	H13CP	Choferes de transporte de personal
H07RA	Responsable de seguridad higiene y medio ambiente		

Tabla 2- Lista de tipos de recursos humanos

➤ Características de los recursos

En la tabla 3 se enumeran las diferentes características que pueden tener los recursos humanos contratados por GLP.

Código	Descripción	Sub categorías
Capacidad	Es la experiencia que posee el individuo para realizar la tarea asignada.	excelente
		muy capaz
		capaz
		nuevo
Edad	Es la edad que posee el individuo.	senior
		semi senior
		junior
Antigüedad	Es el tiempo que posee el individuo trabajando en la empresa; o es conocido por la persona que realiza la asignación. La antigüedad se subdivide hasta 10 años.	Más de 10 años
		Entre 8 y 10 años
		Entre 6 y 8 años
		Entre 4 y 6 años

Código	Descripción	Sub categorías
		Entre 2 y 4 años
		Hasta 2 años
Liderazgo	Es la capacidad que posee el individuo de liderar un grupo de personas.	Líder natural
		Líder natural en cambio
		Líder en pequeños grupos
		Líder en tiempo de prueba
		No está definido como líder
		No es líder

Tabla 3- Lista de características de los individuos

2.2- Algoritmos Evolucionarios

Los Algoritmos Evolucionarios son especialmente adecuados para resolver problemas difíciles de optimización. Según la definición [1]; [2]; [3]; [4] los algoritmos evolutivos son un concepto general adaptable para la resolución de problemas, y no una colección de algoritmos relacionados y listos para ser usados.

Los Algoritmos Evolucionarios tienden a lograr soluciones cada vez más eficientes debido a dos acciones: la primera es que *selecciona* las mejores poblaciones para la siguiente generación. La segunda acción es la *combinación* (o migración) de las mejores poblaciones para crear otras poblaciones.

Estos algoritmos evolucionarios en general, datan desde 1950, pero en las últimas décadas emergieron las tres variantes más importantes: Programación Evolucionaria (PE), Estrategia Evolucionaria (EE) y Algoritmos Genéticos (AG). Estas variantes implementan algoritmos evolucionarios de diferente manera.

La estructura de un algoritmo evolucionario [5]; [6] se observa en la figura 2. Este algoritmo mantiene una población de estructuras que renueva de acuerdo a las reglas de selección, migración, re combinación y mutación. El ciclo repetitivo finaliza cuando se cumple la condición de parada.

```

t = 0
generar lista de poblaciones iniciales LP(t)
evaluar lista de poblaciones LP(t)
Hasta (condición de parada)
    t = t + 1
    seleccionar m mejores poblaciones de la lista de poblaciones LP(t)
    realizar migraciones entre poblaciones
    recombinar en cada población de la lista de poblaciones LP(t)
    mutar en cada población de la lista de poblaciones LP(t)
    evaluar cada población de la lista de poblaciones LP(t)
Fin Hasta

```

Figura 2- Estructura genérica de un Algoritmo Evolucionario

Existen dos elementos principales para definir un algoritmo evolutivo: los operadores y los criterios de parada. A continuación se realiza una breve definición de cada uno de ellos [7]; [8]:

➤ Operadores

A continuación se describen los cuatro operadores básicos usados por los “Algoritmos Evolucionarios”:

○ *Selección:*

Por medio de este operador se selecciona a las mejores poblaciones de individuos que van a ser tenidas en cuenta por el resto de los operadores. El operador de selección es uno de los operadores que utiliza la función de aptitud.

○ *Migración:*

La migración consiste en hacer que algunos individuos emigren de su población original y se trasladen a otra población.

○ *Cruza:*

La cruce simula la relación sexual de los individuos naturales. En las poblaciones este operador genera nuevos individuos. En general se selecciona dos individuos y producen de uno a dos hijos.

○ *Mutación:*

La mutación consiste en pequeños cambios en las características de los individuos. Este operador se aplica a un porcentaje pequeño de la población.

➤ Criterios de parada

Por cada ciclo de corrida se evalúa si se continua o no con un nuevo ciclo, o generación. Esa decisión se establece por medio de los llamados criterios de parada. A modo de ejemplo se pueden citar: el número de generaciones generadas, el nivel de la función de evaluación, o cuando las poblaciones no pueden alcanzar mejores resultados.

3- Definición del Problema

Actualmente la asignación de recursos humanos a tareas, en la empresa GLP, se realiza en forma manual. La persona encargada de realizarla dicha labor toma cada tarea del emprendimiento y verifica si puede ser cubierta con el personal idóneo; calcula el tiempo aproximado de inicio y finalización; y visualiza cuales de las mismas se puede ejecutar en paralelo a otra tarea del mismo emprendimiento. Esta forma de trabajar insinúa una gran cantidad de tiempo y la optimización de los costos no es la ideal, ya que no es tarea sencilla optimizar de forma manual la cantidad de horas ociosas cuando la asignación de individuos a las distintas tareas no solo se hacen en función de su especialidad, sino, que se debe analizar cuan idóneo es, cuantos tipos diferentes de tareas puede realizar (por ejemplo un “ayudante” puede también ser “chofer”) y como se vincula esto con las tareas factibles de ser desarrolladas en paralelo.

4- Solución Propuesta

4.1- Definición del Sistema

El objetivo principal de esta solución es crear diferentes poblaciones de individuos disponibles para realizar las tareas de un emprendimiento específico. El proceso comienza tomando poblaciones

iniciales para luego aplicarles operadores de selección, migración, cruce y mutación; durante un ciclo determinado de iteraciones, con el fin de crear nuevas poblaciones que mejor se ajusten a dichas tareas.

La arquitectura del sistema, ver figura 3, esta compuesta por dos módulos: **PA01** y **PA02**; dos bases de datos **poblaciones** y **tareas**; más un reporte de salida **asignación**. Donde mientras el primero de los módulos se encarga de la administración de las tareas y poblaciones, el segundo es el encargado de hacer correr las diferentes poblaciones.

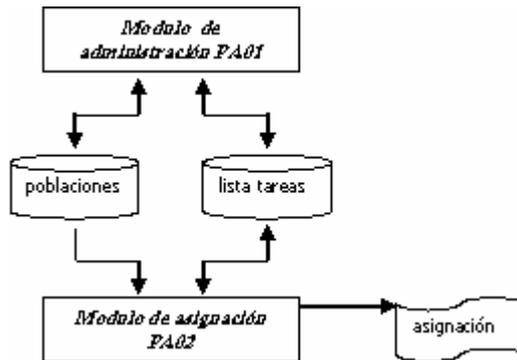


Figura 3- Arquitectura del sistema

En la figura 4 se describe el esquema de funcionamiento del sistema, en la misma se pueden observar dos ciclos anidados; el primer ciclo es el que se encarga de tomar una población de individuos, ejecutar la asignación de tareas y hacer correr el tiempo para ver si con dicha población se pueden ejecutar todas las tareas del emprendimiento; el segundo ciclo es el que posee el Algoritmo Evolucionario, este último ciclo contiene los operadores, función de aptitud y condición de parada.

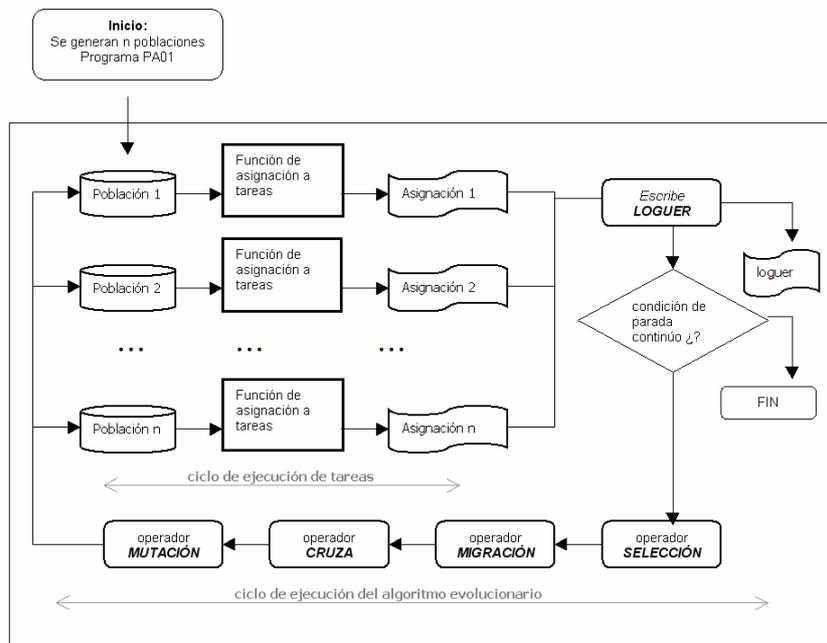


Figura 4- Esquema de funcionamiento del programa de asignación

Para optimizarse las diferentes poblaciones, se utilizará la siguiente función de aptitud basada en horas ociosas:

Donde:

p: población

m: cantidad de individuos de la población p

R_i: individuo i de la población P

horas_ociosas(R_i): es la cantidad de horas ociosas que obtuvo el individuo R_i en la ejecución de las tareas.

$$total_horas_ociosas(p) = \sum_{i=1}^m horas_ociosas(R_i)$$

4.2- Interfaz de la herramienta

A continuación se describen las pantallas principales que posee el sistema de asignación: en la figura 5 se detalla la pantalla del módulo pa01 encargado de configurar las poblaciones y emprendimientos; en la figura 6 se detalla la pantalla del módulo pa02 que posee los ciclos de ejecución que permiten la asignación de recursos humanos a tareas.

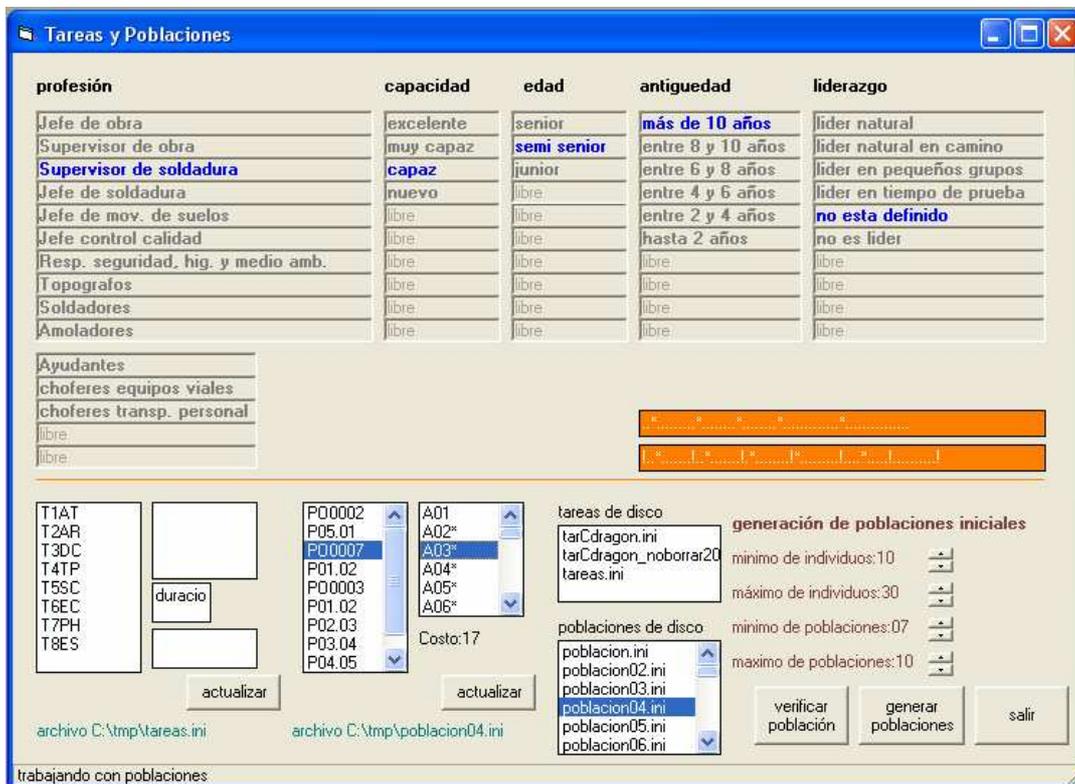


Figura 5- Pantalla del programa PA01 administración de poblaciones y tareas

Mediante la pantalla pa01 se pueden generar diferentes poblaciones cuyas cantidades y diferentes perfiles de personas también se generan al azar. Además permite configurar cada una de las tareas de un proyecto.

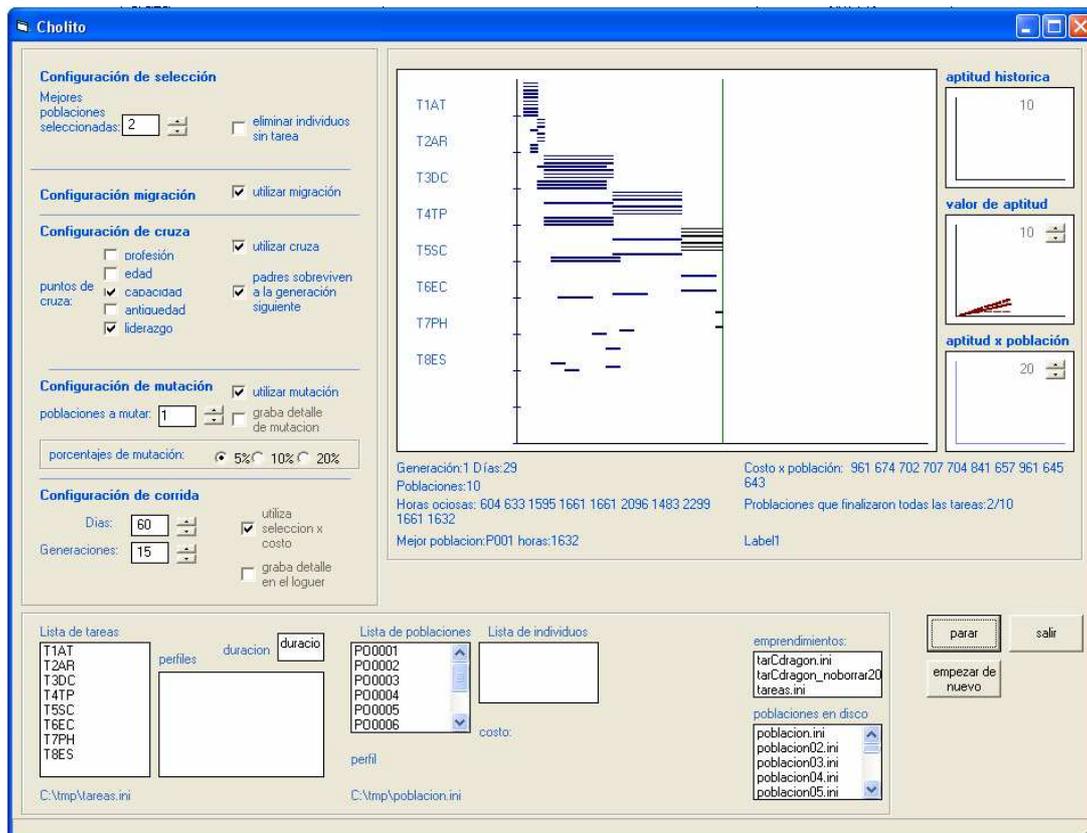


Figura 6- Pantalla del programa PA02 Asignación de recursos humanos a tareas

Mediante esta pantalla pa02 se pueden seleccionar diferentes poblaciones y proyectos; setear la cantidad de días y lanzar el proceso de asignación. En la misma pantalla se visualiza como día a día se desarrolla la ejecución del proceso de asignación.

5- Demostración de la solución

La figura 7 se muestra un extracto del informe generado por el sistema, en el mismo se observan la segunda y tercera generación. En la segunda generación las poblaciones po0002 y po0007 obtuvieron la menor cantidad de horas ociosas y se observa que las mismas aparecen en la tercer generación; es decir el algoritmo del programa las reservó para la generación siguiente. En otras palabras, el algoritmo evolutivo una vez que encuentra una mejor solución trata de preservarla para la siguiente generación; es decir trata cada vez de generar, al menos, iguales o mejores soluciones. En la misma figura, en la tercer generación, aparece una nueva población p05.01 que obtuvo la menor cantidad de horas ociosas; esta población fue creada por el algoritmo combinando las poblaciones po0001 y po0002, de la generación anterior. De esta forma el algoritmo genético presupone que si combina de alguna las mejores poblaciones va a encontrar mejores soluciones.

generación	población	individuos	horas	costo	riesgo	días	orden
02	P00002	100/063	0761	1055	011	35	(01)
02	P00007	100/064	0761	1088	009	35	(02)
02	P00003	100/058	0761	1070	007	35	(03)
02	P04.05	100/060	0761	1176	007	30	(09)
02	P00008	100/057	1257	1141	003	38	(04)
02	P00001	100/052	1342	1206	008	34	(05)
02	P03.04	100/054	1698	1147	009	38	(08)
02	P01.02	100/059	4358	1039	011	00	(06)
02	P02.03	100/063	4182	1118	009	00	(07)
02	P05.01	100/061	4598	1086	008	00	(10)
03	P05.01	100/072	0418	1066	008	23	(10)
03	P00002	100/063	0749	1055	011	35	(01)
03	P00003	100/058	0761	1070	007	35	(03)
03	P04.05	100/060	0761	1176	007	30	(04)
03	P02.03	100/068	0761	1088	009	30	(07)
03	P04.05	100/062	0761	1173	006	30	(09)
03	P00007	100/064	0761	1088	009	35	(02)
03	P01.02	100/071	1039	1098	009	35	(06)
03	P00008	100/059	1257	1125	012	38	(05)
03	P03.04	100/061	1342	1140	007	34	(08)

Figura 7- Loguer de prueba de Validación

Desde otro punto de vista el programa de asignación también podría seleccionar los mejores individuos y preservarlos debido a que puede distinguir entre individuos que mejor se ajusten a las diferentes tareas y en función a ello seleccionarlos para el procesamiento de cruce. Esta capacidad no fue explotada en la versión del programa de asignación utilizado para este proyecto; solo se utilizó dos indicadores que calificaban de alguna forma a los individuos: su costo y su riesgo. El costo es una función aritmética que da mayor peso si el individuo tiene mejores calificaciones en su perfil; el riesgo es otra función aritmética que mide cuanto se acerca el individuo al perfil de la tarea; cuando más se ajuste el riesgo es menor.

A contiinución en la figura 8 se presenta un gráfico que describe como varía la cantidad de horas osiosas de una genaración a otra dentro del proceso de asignación. Como puede verse al inicio del proceso la cantidad de horas osiosas alcanza casi las 100 horas y al finalizar el proceso este valor deciede casi al 50%.

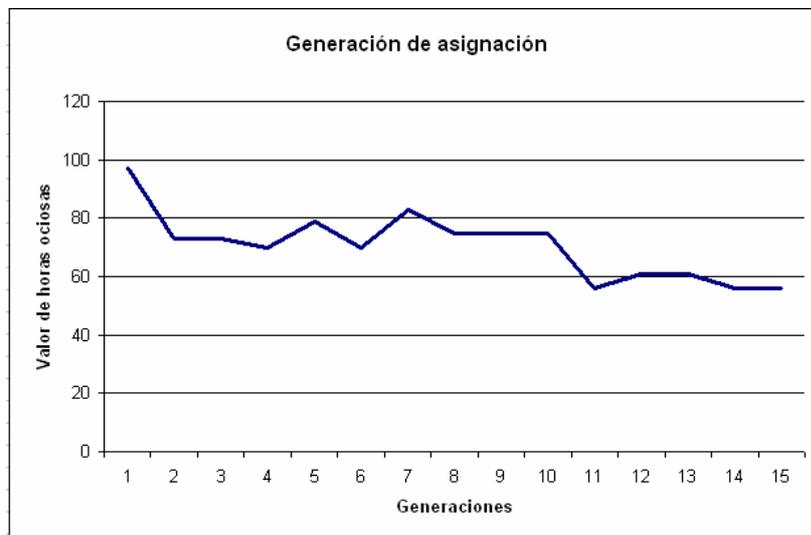


Figura 8- Medición de la cantidad de horas ociosas por generación

7- Conclusiones

Mediante este proyecto se ha podido corroborar la potencia de los algoritmos evolutivos para resolver problemas de optimización de asignación de recursos humanos a tareas: Se ha verificado que los Algoritmo Evolucionarios del módulo PA02 logra optimizar las poblaciones iniciales.

Por otro lado se ha podido corroborar los siguientes aspectos teóricos:

- Los algoritmos evolutivos logran mejores soluciones por que en ellos predominan los mejores individuos.
- El módulo PA02 pudo mantener los mejores individuos y poblaciones completas de una generación a otra.
- Los operadores de migración y cruza tuvieron mayor incidencia en la solución, que el operador de mutación (este concepto también se encuentra en la teoría propuesta por la cátedra).

Por último el módulo PA02 representa una mejora en cuanto que libera a la persona que realiza hoy la asignación de recursos en GLP de la cantidad y tipo de recursos humanos que se necesitan para realizar un emprendimiento.

8- Futuras líneas de investigación

Al presente sistema se le podrían realizar las siguientes mejoras:

- Utilización de operadores dinámicos, esto implica que los operadores se modifiquen durante la ejecución del proceso, por ejemplo, el operador de mutación podría incrementar o reducir su porcentaje de incidencia en función al resultado que se va obteniendo durante la corrida del sistema.
- Modificación de la función de aptitud, el sistema podría tener otros componentes y funcionar en base a otras variables. Por ejemplo la función de aptitud podría tener en cuenta horas ociosas y tiempo de ejecución total del emprendimiento.
- Modificar el operador de selección, el cual actualmente cuando encuentra dos individuos que cumplen con el perfil, decide con cual quedarse en función al costo del individuo, esto podría modificarse incorporando un valor de riesgo que es la medida de ajuste de un individuo al perfil de la tarea.
- Expandir la utilización del sistema a **otras áreas**, por ejemplo en la construcción de viviendas, organización de eventos sociales o construcción e implementación de sistemas de información.

9-Referencias

- [1] García Martínez,R. "*Algoritmos Genéticos*". Centro de Ingeniería del Software e Ingeniería del Conocimiento. Instituto Tecnológico Buenos Aires.
- [2] Erick Cantú-Paz "A Summary of Research on Parallel Genetic Algorithms" IlliGAL Report No. 95007, University of Illinois July 1995

- [3] Kenneth A. De Jong, William M. Spears "A Formal Analysis of the Role of Multi-Point Crossover in Genetic Algorithms" *Annals of Mathematics and Artificial Intelligence Journal*, Vol 5, No. 1, 1992
- [4] David E. Goldberg "Genetic Algorithms in Search, Optimization, and Machine Learning" Addison-Wesley Publishing Company, 1989
- [5] David E. Goldberg "Genetic and Evolutionary Algorithms Come of Age" *Communications of the ACM*, Vol. 37, No. 3, March 1994
- [6] David E. Goldberg, Brad L. Miller "Genetic Algorithms, Selection Schemes, and the Varying Effects of Noise" *IlligAL Report No. 95009*, University of Illinois, 1995
- [7] John H. Holland "Schemata" *GA-List*, GA Vol. 8 No. 26, 1994 [MIL/95] Brad L. Miller, David E. Goldberg "Genetic Algorithms, Tournament Selection, and the Effects of Noise" *IlligAL Report No. 95006*, University of Illinois, 1995
- [8] William M. Spears "Crossover or Mutation?" *Proceedings of the Foundations of Genetic Algorithms Workshop* Vail, Colorado, pag. 221- 237, July 1992