

# “SISTEMA DE PLANEACIÓN AVANZADA (APS) DE CARGA PORTUARIA”

Evelyn Echeverría Ruiz <sup>1</sup>, Irina Jácome Chocair <sup>2</sup>, David Rodríguez Molina <sup>3</sup>, Fabrício Echeverria <sup>4</sup>

<sup>1</sup> Ingeniera en Computación Especialización Sistemas de Información, 2005; e-mail: eechever@fiec.espol.edu.ec

<sup>2</sup> Ingeniera en Computación Especialización Sistemas de Información, 2005; e-mail: ijacome@fiec.espol.edu.ec

<sup>3</sup> Ingeniero en Computación Especialización Sistemas Tecnológicos, 2005; e-mail: djrodrig@fiec.espol.edu.ec

<sup>4</sup> Director de Tópico, Ingeniero en Computación, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 1998, Profesor de ESPOL; e-mail: pechever@uniplex.com.ec

## Resumen

*El presente trabajo está basado en el desarrollo de un “APS de Carga Portuaria”, por medio del cual se pretende automatizar uno de los principales trabajos en los puertos de Fertisa, Puerto Marítimo y Banana Puerto de Guayaquil, como es el embarque de banano, el que es exportado desde estos puertos hacia los diferentes mercados internacionales, el trabajo de embarque conlleva mucha planificación para lograr que el banano esté embarcado en el tiempo exacto, de manera correcta y en perfecta condiciones, optimizando tiempos, recursos y principalmente costos para las empresas que prestan el servicio de estiba.*

*Un APS (Advanced Planning System), es un sistema que logra la optimización de planes y programas en función de restricciones de recursos y capacidades junto a un Algoritmo Heurístico, que en nuestro caso es un Algoritmo Genético, el que ayuda a la representación de las combinaciones óptimas de maquinarias, operadores y cuadrillas para un embarque específico dando la oportunidad al usuario de escoger la planificación que mejor satisfaga los requerimientos del momento que a veces no es la menor costo.*

**Palabras Claves:** APS, Algoritmo Genético, Optimización, Algoritmo Heurístico, menor costo, Maquinarias, Operadores, Cuadrillas.

## Abstract

*The present work is based on the development of a “APS of Port Load” by means of which is tried to automate one of the main works in the ports of Fertisa Port, Maritime Port and Banana Port of Guayaquil, like is the banana shipment, the one that is exported from these ports toward the different international markets, The work of shipment needs a lot of planning to achieve that the banana is embarked in the exact time. The work of shipment needs a lot of planning to achieve that the banana is embarked in the exact time, correctly and in perfect condition, optimizing times, resources and specially costs for the companies that give these services.*

*An APS(Advanced Planning System) is a system that achieves the optimization of plans and programs in function of restrictions of resources and capacities next to a Heuristic Algorithm that is Genetic Algorithm in our case, which gives the representation of the good combination of machineries, operators and squads for shipment giving to the user the opportunity to choose the best planning that satisfies the requirements that sometimes it isn't the minor cost.*

## 1. Introducción

En la actualidad, la comercialización bananera es altamente competitiva, al responder a las órdenes de marketing que fundamentalmente señalan que el producto solo se venderá si responde a la necesidad de los mercados, satisfaciendo las exigencias del consumidor y de la empresa que contrata los servicios de estiba para la exportación. Los objetivos del sector bananero deben establecer estrategias, pronósticos y a su vez difundir optimismo para obtener resultados sostenidos en este importante sector económico de nuestro país.

En base a estas exigencias hemos decidido optimizar uno de los procesos más importantes en el embarque de banano como es la planificación del personal y maquinaria que intervienen en el proceso de estiba, para obtener rapidez en el embarque y reducir costos por parte de la empresa que presta el servicio de estiba, para esto se ha usado los sistemas de tipo APS (Advanced Planning System) basándonos en un Algoritmo Heurístico que es el Algoritmo Genético, ya que muchos procesos que rigen la vida de los seres vivos son fascinantes, el hombre ha tratado de reproducirlos en otros contextos, ya sea con fines de investigación o simplemente como un reto personal. En las ciencias de la computación no han sido la excepción, así se han establecido analogías entre estos procesos biológicos y procesos computacionales. Entre estos procesos se puede mencionar el proceso de selección y evolución de los seres vivos, el cual es utilizado en algoritmos para la búsqueda de soluciones a ciertos problemas complejos. Es interesante cómo este proceso evolutivo está centralizado en la información genética de los cromosomas. Factores como mutación, cruce, información genética de sus progenitores, etc. le permiten al nuevo ser vivo adaptarse al medio y evolucionar con él. Esta maravilla de la genética simulada en el ambiente computacional ha sido centro de investigación desde varias décadas y fue impulsado por John Holland en la década de los setenta. La abstracción que define el proceso de selección natural es adaptada a ciertos algoritmos computacionales para la solución de problemas con características especiales, como el de la Carga Portuaria, en el cual tratamos a los recursos disponibles como maquinarias, operadores de maquinarias y cuadrillas como cromosomas de nuestro gen, que luego formarán a nuestra población que representará el conjunto de maquinarias, operadores y cuadrillas que van a intervenir en determinado embarque.

### 1. Definición del Problema y aplicación

El problema consiste en determinar la mejor combinación de Maquinarias, Operadores de Maquinarias y cuadrillas que den el mejor rendimiento para un embarque dado, es así que el proceso de planificación comienza cuando el cliente contrata a la empresa que da servicios de estiba, dándole el número de cajas a embarcar, una estimación del número de maquinarias que van a necesitar, así como de las cuadrillas que se pueden necesitar pero será la persona que tiene a cargo la planeación que decida en definitiva el número de maquinarias y personal que se necesitarán, para lo cual se ha diseñado un sistema que automáticamente calcule ésta planificación dándole a la persona responsable de la planificación una combinación óptima de estos recursos y tendrá la oportunidad de escoger entre varias planificaciones que le mostrarán diversas opciones de personal y maquinarias, así como el costo que representa dicha planificación.

Es así que el sistema toma en cuenta todos los recursos necesarios para un embarque dado, y comienza por planificar el tipo de maquinaria que se usará, es decir si es de tipo Montacargas, Gatos Mecánicos o Grúas, también a su vez, qué Maquinaria va a trabajar, y el número, así como la persona encargada de operar dicha maquinaria, por lo que también hay que planificar el personal en cuanto a qué Operador de Montacargas, de Grúas y de Gatos va a trabajar en determinado embarque y en determinado día, ya que un embarque puede durar tantos días como cantidad de cajas a embarcar hayan, luego se procede por planificar las cuadrillas que intervendrán en el proceso de embarque, el sistema realizará éste procedimiento dependiendo del número de días que se vayan a demorar el embarque en planificación, es así que el resultado es la planificación de los diferentes días con los respectivos recursos organizados.

### 2. Algoritmo Genético y su Aplicación en la carga portuaria

Un algoritmo genético simula la evolución de los procesos y los cambios genéticos en las estructuras de los cromosomas (Ver Figura 1) [1].

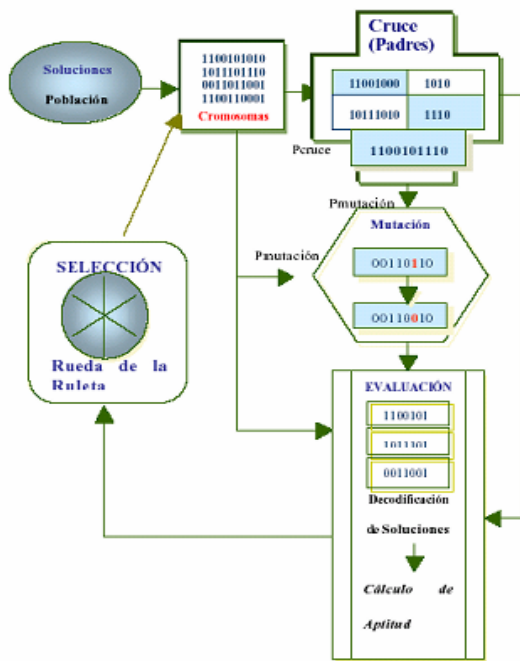


Figura 1. Estructura general del Algoritmo Genético

Antes de hacer la descripción del algoritmo genético es necesario aclarar algunos elementos que entran en juego en la implementación de algoritmos genéticos y que son primordiales para entender cómo se implementó la búsqueda de la mejor planificación.

**Población:** Es el conjunto de soluciones potenciales, donde la población inicial puede ser elegida aleatoriamente, ésta cambia con el tiempo pero su tamaño se mantiene. Este parámetro representa la combinación inicial de maquinarias, operadores y cuadrillas. Desde este punto de vista, un individuo en la población es una maquinaria específica, un operador en particular o una cuadrilla, y un conjunto de Maquinaria-Operador (individuos) generados en un primer momento al azar representa la población base con la que comienza el cruce y la búsqueda de la mejor planificación.

**Individuo:** Representa un elemento de la población.

**Generaciones:** Este parámetro define cuántas generaciones se desea que acontezcan en el proceso. Cuántas veces se deben cruzar los individuos hasta que pare el proceso de planificación.

**Sobrevivencia:** Este parámetro es uno de los más importantes. Define cuántos individuos se podrán aparear con el fin de producir descendientes aptos en el proceso. Desde el punto de vista biológico éstos son los individuos que sobreviven y tienen el derecho de procrear. Las maquinarias, personal, cuadrillas, o individuos, producto de cada generación serán valorados por su calidad de adaptación al medio. Este parámetro seleccionará cuáles de ellos tienen el derecho de seguir pasando sus genes a las siguientes

generaciones.

**Cromosomas:** Un cromosoma es una estructura de datos que contiene un “String” de parámetros con tarea o genes. Representa la combinación de Maquinarias-Operador y Cuadrilla, es decir nuestro cromosoma estará formado por estos 2 genes.

**Gen:** Un gen es una sección del cromosoma que usualmente codifica el valor de un simple parámetro, en nuestro sistema existen 2 genes, el primero será la combinación Maquinaria-Operador, y el segundo gen está formado por la cuadrilla.

**Alero:** Un alero es el valor de un gen, en nuestro sistema tenemos como aleros a las maquinarias, operadores de maquinarias y cuadrillas.

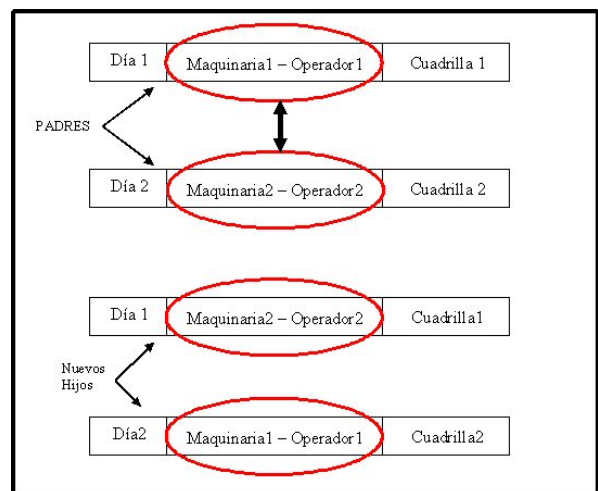
**El fitness:** de un individuo es un valor que refleja el performance.

**Una función de fitness:** es un mapeo de los cromosomas en una población acordando los correspondientes valores de fitness.

**Penalización:** es la manera que permite castigar a individuos de buen rendimiento pero que son indeseables.

**Medida de Factibilidad:** es la forma de asegurarse que el individuo es adecuado.

**Crossover (Cruzamiento):** Dos nuevos individuos pueden ser obtenidos de dos padres en el mating pool, recombinando a ambos padres. Existen 2 tipos de cruzamiento: one point crossover (Ver Figura 2) y two points crossover [2]



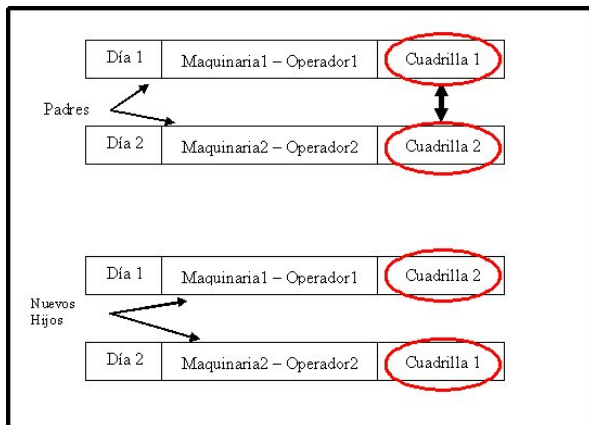


Figura 2. One Point Crossover

**Mutation (Mutación):** cada cierto número de nacimientos se producen unas mutaciones, que son individuos nuevos que se añaden a la población con código genético cambiado, sirven para que la especie no se estanquen en un mínimo local (Ver Figura 4).

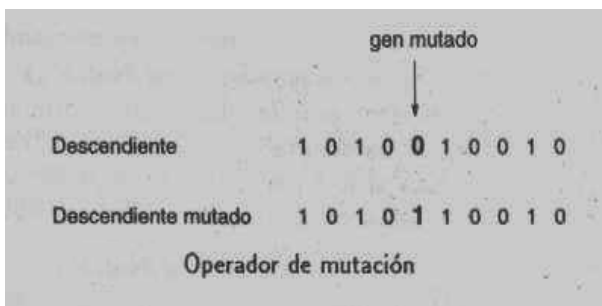


Figura 4. Mutación

Para el caso de la carga portuaria como se explicó previamente tendremos a nuestro cromosoma compuesto de la siguiente manera:

Cromosoma = (Maquinaria-Operador, Cuadrilla)

El algoritmo comienza por recibir los diferentes aleros que nuestro caso son: el número disponibles de montacargas, el número disponible de gatos mecánicos y el número disponible de grúas que son con las que en ese momento cuenta la empresa de servicios de estiba, así mismo se reciben el número de operadores de montacargas, gatos mecánicos y grúas que tiene la empresa, de ésta manera se comienza a crear el primer gen que estará compuesto por la combinación aleatoria de Montacargas-Operador de Montacargas, Gatos-Operador de Gatos, Grúas-Operador de Grúas, una vez creado éste gen se procede a escoger aleatoriamente a las cuadrillas que están disponibles para la planificación, una vez que tenemos escogidos estos 2

genes, se procede a juntarlos para formar la primera población, la cual tendrá que ser revisada, cromosoma por cromosoma para verificar las diferentes restricciones que existen tanto a nivel de maquinarias y operadores como a nivel de planificación por días, es aquí donde se realizan las penalizaciones respectivas en donde se le asigna a cada gen un cierto valor de penalización el cual dependerá del tipo de infracción que se esté realizando por ejemplo una restricción que se puede tener a nivel de maquinarias y operador es que un mismo operador no puede tener asignada dos maquinarias distintas en un mismo día, así mismo una maquinaria en especial no puede tener asignado dos operadores distintos en un mismo día, en cuanto a restricciones por día se tiene que dos cuadrillas no pueden trabajar consecutivamente por dos días seguidos, entre otras. Es así que después de realizar las penalizaciones respectivas se procede a realizar el cruzamiento o mutación de aquellos cromosomas que han tenido las mayores penalizaciones y que son considerados no aptos para pasar a la siguiente generación, por lo que se escoge un porcentaje de la población inicial y se procede a realizar estas operaciones, una vez que se realizan los cruzamientos o mutaciones respectivas estos nuevos cromosomas pasan a ser parte de la población inicial incrementando el número de cromosomas de la población.

### 3. Resultados Obtenidos

Con la ayuda del sistema de carga portuaria se ha logrado mejorar el rendimiento de las empresas que brindan el servicio de estiba, ya que por medio del sistema se toma en cuenta todos los recursos que tienen disponibles estas empresas sin discriminar ninguno, por lo que se logró optimizar tanto el rendimiento como el uso que se le estaba dando a las maquinarias, ya que siempre se tendía a usar las mismas maquinarias para embarques seguidos, así mismo se logró aprovechar de mejor manera a los operadores de tal manera que todos tuvieran de manera equitativa el trabajo, lo mismo ocurre con el caso de las cuadrillas, en donde se buscó planificarlas de tal manera de que todas tuvieran las mismas oportunidades de trabajar y a su vez de ganar dinero todas por igual.

Toda esta planificación se obtuvo de manera más eficiente gracias al algoritmo genético que nos permitió trabajar con los recursos en general, teniendo un panorama global de estos, y permitiendo las restricciones que se necesitaban para la correcta planificación, así mismo permite tener varias planificaciones que son como las diferentes generaciones que se desencadenan de la primera población, que es nuestra primera planificación.

Finalmente lo que recibe el usuario es una variedad de planificaciones óptimas lo que le da al usuario una visión de los diferentes costos que pueden tener las

planificaciones con distintas combinaciones de recursos.

#### **4. Conclusiones**

Basados en los resultados y en la experiencia obtenida en la realización de éste sistema podemos concluir lo siguiente:

- 1) La planificación automática del embarque de banano presenta mejoras considerables en cuanto al uso de recursos y personal.
- 2) Gracias al uso del algoritmo genético se logró optimizar el tiempo del embarque, lo que trajo más ingresos económicos para las empresas que brindan el servicio de estiba.

#### **5. Agradecimientos**

Dedicamos la realización de éste trabajo a Dios y a nuestros padres, pilares fundamentales por los cuales hemos llegado al lugar donde estamos, y gracias a los cuales seguiremos adelante, fue un trabajo lleno de investigación y horas de programación, así como de discusiones y muchos buenos ratos, gracias a todas las personas que colaboraron de una u otra manera para la realización de este trabajo ya sea con información o con apoyo, esperamos que este trabajo sea de mucha utilidad y satisfaga las necesidades de todo aquel que lo use.

#### **Referencias**

##### **a) Referencias de Internet**

[1]Aplicación de Algoritmos Genéticos por Jorge Monge y Franklin Hernández, <http://www.cidse.itcr.ac.cr/revistamate/contribuciones-v6-n1-may2005/Geneticos/Index.htm>

[2]Algoritmo Genético Simple por la Universidad Técnica Nacional de Rosario, Argentina, [http://www.fro.utn.edu.ar/isi/algoritmosgeneticos/html\\_data/3algoritmos/Algoritmo.htm](http://www.fro.utn.edu.ar/isi/algoritmosgeneticos/html_data/3algoritmos/Algoritmo.htm)