



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



Escola Tècnica  
Superior d'Enginyeria  
Informàtica

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Informática  
Universitat Politècnica de València

# **Algoritmo genético para la generación automática de equipos en entornos de la tercera edad**

Proyecto Final de Carrera  
Ingeniería Informática

**Autor:** Juan José Hernández Montesinos

**Director:** Vicente Julián Inglada

**Codirectora:** Elena del Val Noguera

**Codirector:** Juan Miguel Alberola Oltra

02-05-2016

## Resumen

---

En esta memoria se pretende explicar el diseño y uso de un algoritmo genético para la generación automática de equipos en entornos de la tercera edad. Se propone un modelo para la formación de grupos en residencias de la tercera edad y/o centros de día para la realización de actividades. El modelo está basado en el problema de generación de estructuras coalicionales y está implementado mediante un algoritmo genético escrito en C++. Los parámetros del modelo son los requisitos físicos, las preferencias y las relaciones sociales, siendo el modelo capaz de aprender de cada ejecución y mejorar las futuras configuraciones. Los resultados muestran soluciones casi óptimas en todos los escenarios propuestos, mejorando considerablemente el tiempo de ejecución de otras aproximaciones basadas en programación lineal.

In this specification we go to explain the design and use of a genetic algorithm for an automatic generation of teams in elderly environments. This paper proposes a model for group formation in elderly communities to carry out activities. The model is based on coalitional generation structures and it is implemented by a genetic algorithm written in C ++. The model parameters are physical requirements, preferences and social relationships, being the model able to learn from each execution and improve the future configurations. The results show near-optimal solutions in all the proposed scenarios, significantly improving runtime of other approaches based on linear programming.

Dans cette memoire on va expliquer l'élaboration et l'utilisation d'un algorithme génétique pour la génération automatique d'équipes dans l'environnement des personnes âgées. Un modèle pour la formation de groupes dans des résidences pour personnes âgées ou de maisons de retraite. Le modèle est basé sur le problème des structures coalitionnelles et il est mis en œuvre par un algorithme génétique écrit en C ++. Les paramètres du modèle sont les exigences physiques, les préférences et les relations sociales, celui-ci étant capable d'apprendre en chaque cycle et d'améliorer les configurations futures. Les résultats montrent des solutions quasi-optimales dans tous les scénarios proposés, améliorant considérablement le temps d'exécution d'autres approximations basées sur la programmation linéaire.

# Tabla de contenidos

---

1.	Introducción.....	4
2.	Objetivos .....	8
3.	Estado del arte.....	8
3.1	Actividades de grupos en la tercera edad .....	9
3.2	Herramientas y sistemas .....	10
4.	Modelo para la generación de grupos .....	12
4.1	Algoritmos genéticos .....	12
4.2	Especificación del problema.....	13
4.3	Datos de entrada y salida .....	15
4.4	Algoritmo para la generación de grupos .....	17
4.5	Planificación de actividades en grupo .....	20
4.6	Aprendizaje.....	22
5.	Experimentación .....	24
5.1	Variación de grupos.....	24
5.2	Aprendizaje.....	27
5.4	Comparativa .....	35
6.	Conclusiones .....	40
7.	Referencias.....	41



# 1. Introducción

---

Son muchos los organismos e instituciones que sitúan a España como uno de los países con mayor esperanza de vida. Entendemos como esperanza de vida al número medio de años que esperaría seguir viviendo una persona de una determinada edad en caso de mantenerse el patrón de mortalidad por edad (tasas de mortalidad a cada edad). La [Organización Mundial de la salud](#), por ejemplo, nos sitúa como el tercer país, seguido de Andorra y Japón (según datos del 2015), con una esperanza media de casi 83 años (80 para los hombres y 85 para las mujeres)

Esperanza de vida en el nacimiento (años)				
País	Año	Ambos sexos	Mujeres	Hombres
España	2015	82.8	85.5	80.1
	2014	82.6	85.3	79.8
	2013	82.4	85.1	79.6
	2012	82.0	84.8	79.1
	2011	82.1	85.0	79.1
	2010	81.9	85.0	78.9
	2009	81.6	84.7	78.5
	2008	81.3	84.4	78.1
	2007	80.9	84.2	77.7
	2006	80.8	84.1	77.5
	2005	80.1	83.4	76.8
	2004	80.1	83.4	76.7
	2003	79.4	82.8	76.1
	2002	79.5	82.9	76.1
	2001	79.4	82.8	75.9
	2000	79.1	82.5	75.6

Tabla 1: *Esperanza de vida en España* (Organización Mundial de la Salud)

El [INE](#) (Instituto Nacional de Estadística) también arroja datos que corroboran esta tendencia:

<b>Evolución de la esperanza de vida al nacimiento. Brecha de género. España</b>			
	Hombres	Mujeres	Brecha de género (mujeres-hombres)
1991	73,5	80,6	7,1
1992	73,9	81,1	7,2
1993	74,1	81,2	7,1
1994	74,4	81,6	7,1
1995	74,5	81,7	7,2
1996	74,6	81,8	7,2
1997	75,3	82,2	6,9
1998	75,4	82,3	6,9
1999	75,4	82,3	6,9
2000	75,9	82,7	6,8
2001	76,2	83,0	6,8
2002	76,4	83,1	6,7
2003	76,4	82,9	6,6
2004	77,0	83,5	6,6
2005	77,0	83,5	6,5
2006	77,7	84,1	6,4
2007	77,8	84,1	6,3
2008	78,2	84,3	6,1
2009	78,6	84,6	6,0
2010	79,0	85,0	6,0
2011	79,3	85,1	5,8
2012	79,3	85,1	5,7
2013	79,9	85,5	5,6
2014	80,1	85,6	5,5

Fuente: Tablas de mortalidad. INE

Tabla 2: [Tabla de mortalidad](#) (Instituto Nacional de Estadística)

Son numerosos y diversos los motivos por los cuales las personas viven más. La ausencia de guerras (en el caso de España), la mayor calidad de vida, las mejoras sanitarias (disminución de la tasa de mortalidad infantil, mejoras en los tratamientos, ...), mejoras alimentarias, la concienciación por una vida saludable, el deporte, etc... Pero esto no siempre fue así. Hace más de un siglo, la esperanza de vida apenas superaba los 30 años ([La esperanza de vida a lo largo de la historia](#)).

Es por estas razones, e incluyendo la [explosión de natalidad](#) y el efecto “*Baby-Boom*”, que están provocando que tengamos una población envejecida. Según la [Fundación General CSIC](#), “en España, en el año 2050, las personas mayores de 65 años representarán más del 30% del total de la población. Los octogenarios llegarán a superar la cifra de cuatro millones.” (sacado del artículo: “[El envejecimiento de la población](#)”). Datos que refleja también el INE en su “[Proyección de la Población de España 2014–2064](#)”. Es lo que conocemos como la [pirámide invertida](#).

Este envejecimiento de la población unida a la concienciación social del cuidado de nuestros mayores y la evolución de las nuevas tecnologías abre un nicho de nuevas técnicas y cuidados para este sector.

[La etapa de la ancianidad](#) es, junto con la de la niñez, las que requieren mayor ayuda y cuidados. Es por ello que, desde el desarrollo de las ciencias del envejecimiento, se ha reconocido la importancia de los cuidados de la gente en edad avanzada y como las actividades pueden ayudar en este propósito. Es especialmente importante prevenir los problemas en la vejez. Uno de los aspectos gerontológicos de trascendencia se refiere a la participación del mayor en grupos sociales organizados. La integración del mayor en el seno de un núcleo organizado tiene efectos positivos. Ayuda, por ejemplo, a tener un mejor humor, crear nuevos vínculos afectivos, generar sentimientos de autoestima, estimular la creatividad y la iniciativa, abrir la posibilidad de la participación en nuevas actividades, compartir nuevas vivencias con gente de la misma edad...

El trabajo en equipo es usado de forma reiterada y de diferentes maneras en numerosas tareas con personas de edad avanzada y puede servir para múltiples y diversos propósitos. Se hace uso de ello, por ejemplo, en temas de socialización, educación, recreación, apoyo, terapia y asistencia familiar o del cuidador, entre otras. La participación en actividades es una buena manera de mejorar la adaptación de una persona anciana y proporciona una mejor interacción social. Adecuar las actividades es especialmente importante para los residentes de hogares de la tercera edad o geriátricos.

Los grupos pueden ser de creación propia, motivado por alguno de sus miembros en contacto con sentimientos solidarios o inquietudes estrictamente personales de soledad o de necesidad de recrear vínculos afectivos, o de recreación. Otros se originan en un sentimiento religiosos común y se mantienen relacionados para por lo menos la utilización del local de culto en sus actividades grupales. Algunos se vinculan fuertemente en la convivencia vecinal: grupos habitacionales, cooperativas y locales comunitarios. Las instituciones locales (alcaldías y municipios) o nacionales otorgan facilidades para el funcionamiento de algunos de estos grupos. El personal técnico capacitado en la animación de grupos de mayores propicia y mantiene su actividad. Algunos operadores turísticos han percibido su importancia y otorgan facilidades especiales para la organización de eventos con grupos de mayores. Otras son organizaciones privadas de ayuda y promoción social. Por otro lado, están las instituciones públicas como el [Imserso](#) (Instituto de Mayores y Servicios Sociales).

Numerosos estudios han demostrado que la participación en actividades puede dar lugar a una sensación de logro y proporcionar a los residentes una oportunidad para desarrollar sus habilidades y talento. Los cuidadores deben organizar diferentes tipos de actividades para que los residentes con diferentes capacidades físicas e intereses puedan hacer el mejor uso de su potencial a través de la actividad y mejorar su mérito propio y satisfacción en la vida. En muchas situaciones, la interacción social es más significativa e importante para los participantes que la actividad en sí misma.

Las actividades en grupo pueden ser vistas, en cierto modo, como una configuración o estructura para lograr un efecto terapéutico, educativo u objetivo social. Se puede llevar a cabo en los hospitales, centros de cuidado de ancianos, hogares de ancianos,

asociaciones de jubilados, organizaciones de la comunidad, de servicios sociales, organizaciones religiosas, etc.

Algunos trabajadores han tratado de analizar cuál es la mejor manera de organizar las personas de edad en los grupos de actividad. Normalmente, los grupos se forman al azar o tal vez teniendo en cuenta el sentido común de los cuidadores. A los miembros de un grupo con capacidades similares a menudo se les anima a tener la oportunidad de compartir sus opiniones o puntos de vista con sus compañeros y cuidadores.

El mayor desafío para cualquier [terapeuta recreativo](#) reside en responder de manera satisfactoria cual será la actividad adecuada con las capacidades físicas y cognitivas individuales de cada residente. Normalmente deben trabajar en estrecha colaboración con el equipo de enfermería para elegir la actividad más beneficiosa posible para las necesidades de cada uno de los residentes.

Los hogares de ancianos y otras instituciones que cuidan a personas de edad avanzada, tienen dificultades en la creación de un entorno armonioso que pueda proporcionar la atención necesaria. La mayoría de estos lugares tratan de proporcionar a sus residentes un estilo de vida activo y saludable mediante la promoción de diferentes actividades que estimulan los aspectos físicos y psicológicos. Estas actividades pueden ser tareas simples, tales como actividades de lectura y juegos de mesa o tareas avanzadas como la danza y el teatro.

Las actividades desarrolladas son de muy amplia variedad. La mayoría realizan actividades de esparcimiento, juegos de cartas, bailes, festejo, paseos, jornadas de intercambio con otros grupos, gimnasia, manualidades, charlas, otras artísticas o solidarias.

La organización de los grupos suele contar con un equipo coordinador. Es frecuente que los grupos tengan apoyo técnico. Por ejemplo: profesor de educación física, asistente social, psicólogo, geriatra... La figura del animador gerontológico se viene imponiendo como necesidad sentida por los grupos, por la labor de este especialista en actividades grupales de mayores. Suele consolidar el grupo, otorgándole persistencia en el tiempo, contribuyendo a la definición clara de objetivos de acuerdo con los intereses de sus integrantes, viabilizando las iniciativas, otorgando orgullo de pertenencia, organizando y generando contactos con otros grupos y técnicos.

Es un objetivo social insistir en la necesidad de que nuestro cuerpo social, la clase política, nuestras empresas privadas, nuestras instituciones oficiales asuman que los mayores requieren de estas necesidades, al igual que se realizan hacia otros grupos etarios. Constituye una obligación moral societaria y una inversión en términos de ahorro en servicios de salud en el futuro.

Este documento se basa en una teoría de trabajo en equipo. De identificar las oportunidades de la tecnología para apoyar la creación y coordinación de los grupos de actividades que ayuden y potencien los que existen. En concreto, se propone una herramienta para los cuidadores que facilite la tarea de agrupar a las personas de edad avanzada en grupos para actividades existentes. La herramienta propuesta se basa en el



perfil de las personas de edad avanzada, la estructura de un algoritmo genético, y un proceso de aprendizaje que permite la formación de distribuciones apropiadas de las personas mayores en actividades.

El resto se estructura de la siguiente manera: La siguiente sección presenta los objetivos que se intentan alcanzar. Posteriormente, haremos una prospección en los trabajos relacionados, trabajos anteriores que tratan de analizar los beneficios para los mayores de la participación en diferentes tipos de actividades y la importancia de identificar a los grupos para que pueden realizar actividades específicas. Se explica el diseño del algoritmo y analiza en detalle el problema que tratamos de resolver; por último, se exponen algunas conclusiones.

## 2. Objetivos

---

El objetivo es desarrollar un algoritmo genético que proponga una solución para la formación de equipos de trabajo en entornos de la tercera edad. Este algoritmo tendrá en cuenta distintos criterios para la formación de coaliciones.

La elaboración del algoritmo genético debe proporcionar una solución cercana a la óptima mejorando los tiempos de algoritmos de programación lineal.

Se pretende desarrollar una aplicación de respuesta rápida que facilite la generación de grupos para los responsables de planificar las actividades en un centro para personas mayores.

Esta herramienta debe ser capaz de conformar los grupos y variarlos en diferentes actividades conforme pasen los días

También se busca introducir métodos de aprendizaje sobre las preferencias sociales y gustos para poder ir mejorando los resultados del algoritmo a medida se vaya recogiendo nueva información.

El objetivo primordial es mejorar la calidad de vida y estabilizar el estado de salud mediante actividades. Es por todo esto que nuestro propósito fundamental será encontrar una ordenación correcta de estos grupos a fin de resolver el problema.

## 3. Estado del arte

---

En esta sección analizamos los trabajos y estudios recogidos hasta la fecha y hacemos un repaso de las herramientas disponibles que solucionan la problemática de la formación de grupos en entornos de la tercera edad



## 3.1 Actividades de grupos en la tercera edad

---

Este estudio [1] presenta el análisis de cómo se puede mejorar el bienestar y la importancia del ejercicio físico en las personas mayores. Los autores trataron de predecir el nivel de actividad física necesaria para garantizar que una persona esté en el rango clínicamente favorable o saludable.

Otros estudios se han centrado en un tipo específico de actividades, como actividades de ocio. La participación en actividades recreativas se ha demostrado que son beneficiosas y positivas también, generando una mayor participación en actividades de ocio.

Esta participación se asocia con una mejor salud en la tercera edad. Esta obra [2] muestra como promocionar la participación activa y diversificar las actividades de ocio. Por otra parte, se comenta la importancia del desarrollo de programas para facilitar la actividad en el tiempo libre, en particular para las personas mayores con una enfermedad crónica.

Sin lugar a dudas, existe una correlación entre el bienestar mental, físico, social y las actividades que se realizan. Las actividades estimulantes que impliquen cualquiera de los componentes mentales o psicosociales pueden actuar como estímulos para preservar la cognición o evitar de demencia.

Otra cuestión importante es el uso de las actividades sociales por los cuidadores. La actividad social ha acumulado la mayor evidencia de una influencia en el bienestar.

En este sentido, algunos estudios han analizado la importancia del grupo para mejorar bienestar. Como, por ejemplo, un estudio [3] donde se investiga la capacidad para el grupo en la toma de decisiones para construir un sentido de identidad social compartida entre los residentes de hogares de ancianos y con ello aumentar su compromiso social, el bienestar y el rendimiento cognitivo. En la misma línea [4], se comprueba como los índices con poblaciones de hogares de ancianos fue más alta entre los residentes con el funcionamiento adecuado en actividades de la vida diaria y la cognición.

La contabilización de todos los requisitos de los cuidadores sobre los pacientes es un proceso complejo y requiere la investigación de todas las posibles combinaciones que puedan cumplir con los requisitos. Por ejemplo, una institución que quiere organizar un viaje a un museo, tiene que dar cuenta de todas las combinaciones entre cuidadores y pacientes (de acuerdo con sus capacidades físicas y psicológicas), si el personal es suficiente, cómo pueden ser emparejados (de acuerdo a su conexión social) y las actividades que se pueden realizar, entre otros requisitos. Por lo tanto, la dificultad subyacente socava en la promoción de estos eventos y su ejecución. El uso de sistemas de cálculo puede facilitar este proceso y proporcionar la ayuda que requieren las instituciones para dar actividades de cuidado a sus pacientes y promover una vida activa y un ambiente armonioso.



Sin embargo, no son muy numerosos los estudios que se centran en la cuestión clave de cómo crear grupos de personas de edad avanzada. Es una tarea que requiere una cantidad considerable de tiempo para componer grupos bien balanceados (es decir, distribuir las personas mayores en las actividades de una manera que todas las personas en cada actividad satisfagan las condiciones requeridas). Más específicamente, cuando hay un gran número de personas y diferentes criterios de agrupación, la tarea de formar equipos para promover respuestas correctas (bienestar, compromiso y participación) se considera un problema exponencial. Por otra parte, las actividades en grupo o en equipos pueden contraer consecuencias positivas y negativas, por lo que la tarea de formación de equipos es compleja. Varios factores como la personalidad, la salud y el comportamiento humano pueden interferir con la actuación del grupo durante una actividad. Por lo tanto, es de crucial importancia identificar los grupos que pueden realizar correctamente una actividad.

## 3.2 Herramientas y sistemas

---

Hay varios software y herramientas, como [AccuPoint med](#) y [CareVoyant](#), que están dentro del ámbito del cuidado de los ancianos, pero sólo están diseñados para gestionar las instituciones y el personal, no para la gestión de las actividades o el tiempo de atención de los cuidadores, por lo tanto, carece de las características esenciales que podrían permitir la correcta supervisión. También hay otros proyectos dirigidos a las personas mayores y sus cuidadores que pertenecen al denominado dominio “Vida cotidiana asistida por el entorno” ([AAL](#)). Los proyectos AAL producen sistemas y productos que ayudan a sus usuarios a convertirse en independientes y proporcionan ayudas en las actividades corrientes, al mismo tiempo, que crea un entorno estable y seguro.

Este problema ha sido tratado en otras áreas como la gestión de recursos humanos y el aprendizaje colaborativo, donde se utilizaron diferentes enfoques para formar automáticamente los equipos de acuerdo con las características de los individuos (el conocimiento, la experiencia, la personalidad, el aprendizaje, ...).

Teniendo en cuenta todo esto, por lo que sabemos no hay ningún trabajo que trate de ayudar a los médicos para analizar como agrupar las personas mayores con el fin de mejorar el compromiso de actividad y bienestar.

Los problemas más comunes sufridos por los cuidadores son la falta de actividades interesantes y diferentes y su falta de interés general. Esto se ve agravado por la falta de personal, el alto número de pacientes con problemas psicológicos, la falta de eventos y actividades, una administración decadente...

En términos de personal, la mayoría de los países europeos han establecido reglas que definen el personal de mínimos que las instituciones certificadas cuentan [5], mientras algunos simplemente establecen simplemente un número de personas a cada enfermera.

En Portugal, por ejemplo, se establece el siguiente personal para los hogares residentes (donde los residentes viven de forma permanente):

- Un asistente social a tiempo parcial;
- Una enfermera y un auxiliar por cada 40 pacientes;
- Un auxiliar de enfermería para el cuidado de cada 8 pacientes;
- Una enfermera de guardia con atención directa a todos los ancianos.

Los establecimientos que atienden a las personas mayores altamente vulnerables requieren el siguiente personal:

- Una enfermera por cada 20 personas de edad avanzada;
- Un auxiliar de enfermería por cada 5 personas mayores;
- Una enfermera de atención directa por cada 15 personas de edad avanzada.

El problema con este entorno es que no deja espacio para la atención individual y el número de las actividades que se pueden realizar se limita a incluir una gran cantidad de personas.

Algunas instituciones tienen un coordinador social que gestiona las tareas personales y crean planes de actividades de acuerdo con la institución y los gustos de los usuarios. Además, las actividades están diseñadas para ser transversales, es decir que pueden incluir una gran cantidad de gente. Mientras tanto, el papel del animador social es crucial, ya que coordina con las enfermeras, auxiliares de enfermería y enfermeras de atención directa las necesidades inmediatas y los gustos de los usuarios, pero la mayoría de las veces las actividades no se han optimizado debido a varios problemas sociales y monetarios.

Centrándose en el tema de la organización, existen tres niveles: el punto de vista estratégico, el nivel táctico y el nivel operacional. Cada de ellos tienen un gran impacto en la operatividad institucional, siendo la operativa transversal al cuidado de los pacientes, ya que está relacionada con los recursos humanos y los problemas de las actividades de cuidado en la programación y gestión diaria de inventarios.

Se revela que el número de restricciones (en relación con el número de los recursos humanos y el número de actividades) afecta directamente a la complejidad de la consecución de una solución óptima. Se muestra como fundamental la adopción de actividades en la vida del paciente, lo que afecta positivamente su vida psicológica, física y social. Además, incluso no ser un participante directo (sobre todo debido a las barreras físicas), las personas al cuidado respondieron positivamente a la experiencia, habiendo mejorado su estado emocional.

Las personas mayores tienen necesidades médicas, físicas y sociales que no son fáciles de ser cumplidas. Las actividades transversales, así como la propuesta de la utilización de actividades seguras, tienen un impacto físico bajo y se pueden realizar por todos. Es fácil proponer actividades que son repetitivas y dentro de los límites físicos y psicológicos de una comunidad. La cuestión es que aquellas comunidades con



frecuencia reportan altos niveles de insatisfacción hacia el cuidado general, siendo un problema para familiares e instituciones.

Estas evidencias se encontraron en el proceso de investigación del Asistente de Vida Cognitiva Conductual (CLA) [6]. El CLA es un asistente cognitivo insertado en un entorno AAL. El objetivo principal es proporcionar asistencia en las actividades de la vida diaria (ADL), proporcionando información sobre la vida diaria de los usuarios, la conexión de los familiares con los usuarios y la promoción de la iniciativa de un envejecimiento activo. También es compatible con la incrustación externa de módulos, tales como la detección de la emoción y la recomendación.

En el desarrollo de herramientas para ayudar a los cuidadores (familiares, auxiliares de enfermería, empresas o servicios privados), al hacer el seguimiento de los acontecimientos y el estado de salud de los pacientes se encontró que no había soluciones generales. Y las que existían fueron herramientas diseñadas para realizar un seguimiento de personal y contabilidad. Una destacada queja de los cuidadores con múltiples pacientes fue la falta de la gestión de grupos. Por lo tanto, la gestión de grupos y eventos múltiples para personas se convirtió en uno de los objetivos de la CLA.

El objetivo fue crear una solución que pudo ser fácilmente integrada con el CLA y que cierra la tarea de la creación del grupo de eventos y la elección de los cuidadores, aliviando así de la carga de los cuidadores. Por otra parte, se aumentó el rango de ayuda a los pacientes mediante la promoción de actividades que disfrutaban y con las personas que les gusta. Se utilizó para ello el software comercial ILOG CPLEX 12.5.3 el cual solventa el problema como un problema de programación lineal [7], obteniendo así la mejor configuración para cada día. En contra, el tiempo requerido para encontrar la mejor configuración es bastante elevado.

## 4. Modelo para la generación de grupos

---

En este apartado vamos a explicar paso a paso el desarrollo del algoritmo genético para la formación de equipos de trabajo. En un primer momento, describiremos las características primordiales de éste (el algoritmo genético) para, posteriormente, aplicarlo al ámbito que nos ocupa. A continuación, analizaremos el problema en cuestión para luego proponer una solución acorde. Por último, incluiremos modificaciones a fin de afinar y comprobar las soluciones devueltas por el programa.

### 4.1 Algoritmos genéticos

---

Un [algoritmo genético](#) consta principalmente de cinco partes:



- Inicialización: Generación de la población que consiste en soluciones creadas de forma aleatoria.
- Evaluación: Se aplica una función a cada solución que calcula cuan buena es ésta.
- Condición de terminación: Se comprueba si la solución es óptima. Al no ser conocida, se aplicará algún criterio de detención.
- Reproducción: Consiste en aplicar una función de transformación a la población existente. Normalmente esta función consiste en seleccionar dos soluciones de la población y combinarlas, intercambiando aleatoriamente genes entre ellas, por ejemplo. Otro método será la mutación, sobre una solución se genera otro cambiando genes de manera aleatoria.
- Selección: Se seleccionan las mejores soluciones para volver al proceso de evaluación. Un criterio sería quedarnos con las mejores soluciones, quedarnos sólo con los hijos, etc...

Más concretamente, el algoritmo que se propone y se explicará a continuación es el siguiente:

```

Generar una población inicial de N cromosomas aleatorios
Evaluar la función aptitud (fitness) de cada cromosoma
Seleccionar la mejor solución s=0
Número de generaciones k=0
Número de generaciones sin mejora de solución q=0
Restricción de tiempo t=0

Mientras (k < max_gen ^ q < max_gen sin mejora ^ t > tiempo)
Entonces
  Para (j=0; j<N; j++)
    Aplicar aleatoriamente una función de cruce o mutación sobre j
    Evaluar la nueva aptitud (fitness)
    Insertar j' en la nueva generación
  Fin para
  Seleccionar los N mejores
  Seleccionar el mejor s'
  Si (s'<s)
    q++
  Fin si
  k++
Fin Mientras

```

## 4.2 Especificación del problema

El problema inicial dice así:



*“Tenemos un grupo de  $X$  personas para agruparlas en  $Y$  actividades distintas. Cada una de las personas tiene una capacidad y una preferencia para cada actividad. Además, tendremos en cuenta las amistades entre personas para la formación de grupos.”*

Los datos suministrados [8] que poseemos constan de:

1.  $X=43$  personas e  $Y=20$  actividades
2.  $X=43$  personas e  $Y=10$  actividades
3.  $X=20$  personas e  $Y=20$  actividades

El problema de la generación de coaliciones se refiere a la partición de los componentes de un conjunto en coaliciones exhaustivas e inconexas para que los beneficios globales del sistema estén optimizados. En nuestro problema, los componentes del conjunto son las personas mayores que participan en actividades de grupo propuestas por una residencia de tercera edad.

En este caso, se consideran tres características: estado físico, preferencias, amistad, y el perfil de actividad histórica. El estado físico se refiere a la condición física del individuo y puede tomar tres valores sobre la base de su perfil médico: independiente, parcialmente independiente o dependiente. Los del estado físico se conocen desde el principio y por lo general se mantienen casi constante durante su estancia en el centro. Las preferencias se refieren a las primeras opciones de una persona. Inicialmente, esta información es desconocida. Suponemos que un individuo no tiene preferencias hasta que participa en una actividad planificada. Después de su participación, los ancianos tienen una opinión y proporcionan información acerca su preferencia sobre la actividad ya realizada. Cada individuo tiene en la mayoría de casos actividades. Las relaciones de amistad representan la red social del centro de la residencia de tercera edad. Los nodos representan individuos y los enlaces son considerados como relaciones bidireccionales ponderados entre los individuos y puede tomar tres valores: 0 (los individuos se consideran entre sí molestos,) 1 (las personas son indiferentes entre sí), 2 (los individuos son amigos).

La red social está representada por la matriz de adyacencia  $X$ , donde el elemento  $X_{i,j}$  toma valores de 0, 1 o 2 si existe una relación entre  $i$  y  $j$ . Inicialmente, la información relativa a la amistad no está disponible. Después de cada actividad, los individuos proporcionan información acerca de sus relaciones con otros miembros de la actividad. Finalmente, en el histórico se almacena la secuencia de actividades durante el período previsto. Esta información se considera con el fin de evitar la repetición de actividades durante un período corto de tiempo. Se tendrán en cuenta las preferencias individuales, las relaciones de amistad y perfil de actividad histórica en las configuraciones de la actividad del grupo en el futuro.

## 4.3 Datos de entrada y salida

---

Los datos de entrada se suministrarán al programa para la obtención de una solución. Contendrá la siguiente información:

1. Número de personas
2. Número de actividades
3. Capacidad de cada persona para realizar una actividad\*
4. Preferencias de cada persona\*
5. Amistades entre personas\*

*\*Tanto la capacidad, preferencia y amistad pueden estar o no definidos en los datos de entrada al programa*

Un ejemplo de fichero de entrada, será de la forma:

```
43 ← Número de personas
20 ← Número de actividades
CAPACIDAD ← Literal para indicar que los datos posteriores son relativos a la capacidad
1 5 0 ← Capacidad de la persona 1 para realizar la actividad 5
2 7 1 ← Capacidad de la persona 2 para realizar la actividad 7
7 12 2 ← Capacidad de la persona 7 para realizar la actividad 12
[...]
PREFERENCIA ← Literal para indicar que los datos posteriores son relativos a la preferencia
4 5 0 ← Preferencia de la persona 1 para realizar la actividad 5
6 17 1 ← Preferencia de la persona 6 para realizar la actividad 17
12 13 2 ← Preferencia de la persona 12 para realizar la actividad 13
[...]
AMISTAD ← Literal para indicar que los datos posteriores son relativos a la amistad
```

```
1 2 0 ← Amistad de la persona 1 con la persona 2
2 12 1 ← Amistad de la persona 2 con la persona 12
9 17 2 ← Amistad de la persona 9 con la persona 17
[...]
```

*Tabla 1: Ejemplo de fichero de entrada al programa*

El tercer valor de cada una de las características tendrá tres posibles valores:

- “0” que representa un “no” (no puede realizar la actividad, no le gusta la actividad o no hay amistad entre personas)
- “1” que representa la indefinición.
- “2” que representa un “sí” (puede realizar la actividad, le gusta la actividad o bien, si hay amistad entre personas)

Por último, añadir que la amistad debe ser bidireccional. Si la persona 2 tiene amistad con la persona 3, la persona 3 debe tener amistad también con la persona 2.

Una vez estipulados los datos de entrada al programa pasamos a mostrar un ejemplo de fichero de salida:

```
0.736434 ← Valor de la función objetivo
2 0 24 30 35 ← Las personas 0*, 24, 30 y 35 realizan la actividad 2
3 7 11 17 19
4 2 36 40 41
5 5 12 16 18
9 23 33 34 42
11 27 32 37 39
12 3 4 6 15
13 22 25 29 38
14 8 9 10 13
15 21 26 28 31
19 1 14 20
```

*Tabla 2: Ejemplo de fichero de salida del programa*

*\*Recalcar que tanto la numeración de personas como de actividades empieza por “0”. En los ejemplos mostrados anteriormente las personas irán del 0 hasta el 42 (siendo 43 el número de personas)*

El valor de la función objetivo variará desde 0 hasta 1. Siendo un 0.5 un valor que indica que no hay información sobre capacidades, preferencia o amistades y así pues la generación de grupos será completamente aleatoria (máxima [Entropía](#)). El 1 indicará un resultado óptimo en la agrupación (todas las personas están en actividades que pueden y les gusta realizar y, además, tendrán amistad con todos los integrantes).



## 4.4 Algoritmo para la generación de grupos

---

Una vez comentado los datos de entrada y salida del programa pasamos a detallar el desarrollo del algoritmo.

Los cromosomas vendrán definidos de la forma:

0	1	2	3	4	...	39	40	41	42
2	19	4	12	12	...	11	4	4	9

Tabla 3: Ejemplo de cromosoma

La primera fila hace referencia a las personas. Por otro lado, la segunda fila hace referencia a las actividades. Así pues, en la primera columna tenemos que la persona “0” realiza la actividad “2”.

Cada cromosoma tendrá un peso que corresponde a su utilidad y vendrá definido de la forma:

$$\sum_{p=0}^{X-1} [Capacidad(p,a) + Preferencia(p,a) + Amistad(p, Ta)]$$

Siendo:

- “**p**” el número que designa una persona
- “**a**” el número de actividad escogida
- “**X**” el número de personas
- “**Ta**” un vector de amistades. Este vector contendrá la amistad entre una persona y el resto dentro de una misma actividad.
- La función utilidad se normalizará (dividiéndola por 2)

En primer lugar, se suministrará el fichero de entrada al programa y se almacenarán los valores de capacidad, preferencia y amistad en varias matrices que nos servirán para el cálculo de la función utilidad de cada cromosoma. Una vez tengamos estos datos,



pasaremos a crear los cromosomas iniciales. El número total de cromosomas puede variar y, su creación, puede ser de numerosas maneras, dependiendo del número de personas y actividades que se indiquen. Nuestra elección será crearlos de forma aleatoria con ciertas restricciones que se han fijado previamente con los datos suministrados [8] que tenemos. Una de ellas, inherente al algoritmo genético, es que no puede haber varios grupos para una misma actividad. Otra es que para el caso de las 43 personas los grupos tienen que ser de 3, 4 y 5 personas (para satisfacer los requisitos). En el caso de 20 personas los grupos serán de 4 y 5 personas.

<b>Número de personas por actividad (43 personas)</b>											
5	5	5	5	5	5	5	5	3			43
4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	43
5	5	5	5	4	4	4	4	4	3		43
<b>Número de personas por actividad (20 personas)</b>											
5	5	5	5								20
4	4	4	4	4							20

Tabla 4: Número de personas por actividad

Así pues, tendremos, para el caso de 43 personas, un cromosoma que tendrá 3 personas agrupadas en una actividad, y otras 8 actividades de 5 personas, o bien, 10 actividades de 4 personas o, 4 actividades de 5 personas y 5 actividades de 4 personas. Por otro lado, para el caso de 20 personas, tendremos 4 grupos de 5 personas o, 5 grupos de 4 personas.

El proceso inicial consistirá en crear un número de cromosomas lo suficientemente amplio para garantizar la diversidad genética de la población. Cada gen de cada cromosoma se creará de forma aleatoria garantizando las restricciones del problema.

Una vez tengamos un número apropiado de cromosomas (en nuestro caso, una población 1000 cromosomas será suficiente), calcularemos el peso (función de utilidad) de cada uno de ellos según la definición anteriormente propuesta. Pasaremos entonces a ordenarlos y aplicar las funciones de mutación o cruce propuestas:

1. Intercambiar aleatoriamente dos genes diferentes dentro de un mismo cromosoma

0	1	2	3	4	...	39	40	41	42
2	19	4	12	12	...	11	4	4	9

0	1	2	3	4	...	39	40	41	42
2	19	11	12	12	...	4	4	4	9

2. Intercambiar aleatoriamente una secuencia de genes iguales por otra dentro de un mismo cromosoma

0	1	2	3	4	...	39	40	41	42
2	19	4	12	12	...	11	4	4	9

0	1	2	3	4	...	39	40	41	42
2	19	12	4	4	...	11	12	12	9

3. Intercambiar una secuencia de genes iguales de un cromosoma por otra aleatoria

0	1	2	3	4	...	39	40	41	42
2	19	4	12	12	...	11	4	4	9

0	1	2	3	4	...	39	40	41	42
2	19	16	12	12	...	11	16	16	9

4. Intercambiar una secuencia de genes iguales de un cromosoma por otra de otro cromosoma (variante del número 3)

En cada iteración obtendremos otros 1000 cromosomas con su respectiva utilidad. La elección de la función de mutación/cruce se hará también de forma aleatoria. En total



tendremos 2000 cromosomas. Pasaremos entonces a ordenarlos según su función de utilidad y nos quedaremos con los 1000 mejores.

Se repetirá este proceso hasta que se garantice una solución ajustada. El criterio de parada podrá venir definido por:

- Un número máximo de ciclos
- Un número máximo de ciclos sin mejora del cromosoma de mayor utilidad
- Un tiempo dado

En nuestro caso, el criterio de parada escogido ha sido un máximo de 200 ciclos sin mejora. Al ser un proceso aleatorio, el criterio de parada puede ser variable. Optaremos por aquel que tenga mejor relación resultado/tiempo.

## 4.5 Planificación de actividades en grupo

---

Una modificación realizada sobre el algoritmo inicial es la posibilidad de conformar diferentes grupos de personas de un día para otro. Esto significa que las personas no repitan actividad de manera consecutiva. Para ello, una vez obtenida la solución de un día hemos modificado el fichero de entrada para que quede reflejado que las personas no puedan realizar la actividad escogida del día anterior. Se ha modificado el fichero de entrada de ese día en consecuencia para reflejar dicha restricción. Esta restricción ha consistido en localizar el número de las personas y aplicar un 0 sobre la actividad en las líneas de capacidad. Así pues, si la persona numerada con un “4” ha realizado la actividad “3”, por ejemplo, al día siguiente tendremos el mismo fichero de entrada, pero con la capacidad de dicha relación persona/actividad a “0”.

Pasamos a mostrar un ejemplo:

```
0.664583
4 0 3 7 10
9 9 14 15 18
11 5 12 16 17
14 4 11 13 19
16 1 2 6 8
```

*Tabla 5: Resultado de salida de un día*

20
20
CAPACIDAD
[...]
<b>0 4 0</b>
<b>3 4 0</b>
<b>7 4 0</b>
<b>10 4 0</b>
9 9 0
14 9 0
15 9 0
18 9 0
5 11 0
12 11 0
16 11 0
17 11 0
4 14 0
11 14 0
13 14 0
19 14 0
1 16 0
2 16 0
6 16 0
8 16 0
PREFERENCIA
[...]

*Tabla 6: Fichero de entrada del día siguiente*

Como podemos observar, los integrantes de la actividad 4 (el 0, 3, 7 y 10) pasan a tener una capacidad de 0. Este fichero modificado será suministrado posteriormente al programa del mismo modo que en los apartados anteriores penalizando la formación de las mismas personas en el mismo grupo. Al tratarse de un fichero leído de forma secuencial, bastará con añadir la nueva información entre la última línea de CAPACIDAD y la de PREFERENCIA.

A continuación, esos valores volverán a restablecerse a su valor original, que no es más que borrar los datos añadidos previamente.

A esta modificación se le añade otra que consiste en mejorar paulatinamente la capacidad de una persona en una actividad hasta su valor máximo. Esto quiere decir que si una persona tenía una capacidad de “2” para realizar una actividad. Al día siguiente pasará a ser “0” (como hasta ahora), posteriormente pasará a ser “1”, para finalmente volver a su valor original de “2”. Habrá entonces que recorrer los ficheros de entrada de varios días (3 en total) para obtener toda la información necesaria. Tenemos que tener en cuenta que, si una persona tiene una capacidad de “1” en el fichero original, nunca podrá ser mayor que ese valor.



## 4.6 Aprendizaje

---

Esta técnica nos permite lanzar el algoritmo suministrando únicamente información del número de personas y de actividades para ver la evolución de los resultados cuando la información de capacidades, preferencias y amistades no se sabe a priori. Esto significa que el primer día el algoritmo no poseerá información. Al carecer de información, por defecto, el algoritmo rellena las matrices de capacidad, preferencia y amistad a 1 (indiferente). Como observaremos a continuación, el primer día el algoritmo devolverá una formación de grupos aleatoria y sin discriminación alguna. El resultado de la función objetivo para el primer día será de 0.5 (todos los cromosomas tendrán una utilidad de 0.5). Lo interesante de este método es que una vez obtenido el resultado, proporcionaremos los datos al fichero de entrada del día siguiente.

Proporcionamos unos ejemplos:

```
20
20
CAPACIDAD
PREFERENCIA
AMISTAD
```

*Tabla 7: Fichero de entrada del primer día*

```
0.5
2 5 6 7 8 9
5 0 1 2 3 4
16 10 11 12 13 14
19 15 16 17 18 19
```

*Tabla 8: Fichero de salida del primer día*

```
20
20
CAPACIDAD
5 2 1
6 2 1
7 2 1
8 2 1
9 2 1
0 5 1
1 5 1
2 5 1
3 5 1
4 5 1
```

10	16	1
11	16	1
12	16	1
13	16	1
14	16	1
15	19	1
16	19	1
17	19	1
18	19	1
19	19	1
PREFERENCIA		
5	2	1
6	2	1
7	2	1
8	2	1
9	2	1
0	5	1
1	5	1
2	5	1
3	5	2
4	5	1
10	16	1
11	16	1
12	16	1
13	16	1
14	16	2
15	19	1
16	19	1
17	19	1
18	19	1
19	19	1
AMISTAD		
5	2	2
6	2	2
7	2	1
8	2	1
9	2	1
0	5	2
1	5	1
2	5	2
3	5	2
4	5	1
10	16	1
11	16	2
12	16	2
13	16	0
14	16	2
15	19	1
16	19	1
17	19	2
18	19	2
19	19	1

*Tabla 8: Fichero de entrada del segundo día*

De esta manera podemos ir comparando el resultado devuelto por el programa con el resultado real (calculando la función de utilidad del cromosoma devuelto). Veremos entonces que conforme pasan los días el fichero de entrada contendrá cada vez más información y el algoritmo devolverá mejores resultados conforme pasan los días (quedándose finalmente acotado por un valor cercano al que obtendríamos de otro modo).

## 5. Experimentación

---

La experimentación ha consistido en una serie de pruebas con datos suministrados [8] sobre el algoritmo implementado. Los datos han sido:

- 43 personas y 20/10 actividades
  - Con mucha preferencia por las actividades (“*masgustan*”)
  - Con poca preferencia por las actividades (“*menosgustan*”)
  - Otro ejemplo aparte.
- 20 personas y 20 actividades
  - Con gran afinidad entre miembros (“*mejores*”)
  - Con poca afinidad entre miembros (“*peores*”)

Se ha implementado una automatización que permite al programa volcar todos los resultados de cada uno de los días durante 30 días. Por cada día se han realizado 10 pruebas. Además, se ha calculado el tiempo de ejecución del programa para cada prueba.

Vamos a presentar a continuación una serie de gráficas que resume los resultados obtenidos. Para todas ellas, el eje de las abscisas representa los días. Irá del primer día hasta el 30. En el caso de las ordenadas, se representa la utilidad (también llamada [fitness](#)) e indica el valor de la función aptitud, o dicho de otro modo, cuan bueno es el resultado. Éste variará entre 0 y 1.

### 5.1 Variación de grupos

---



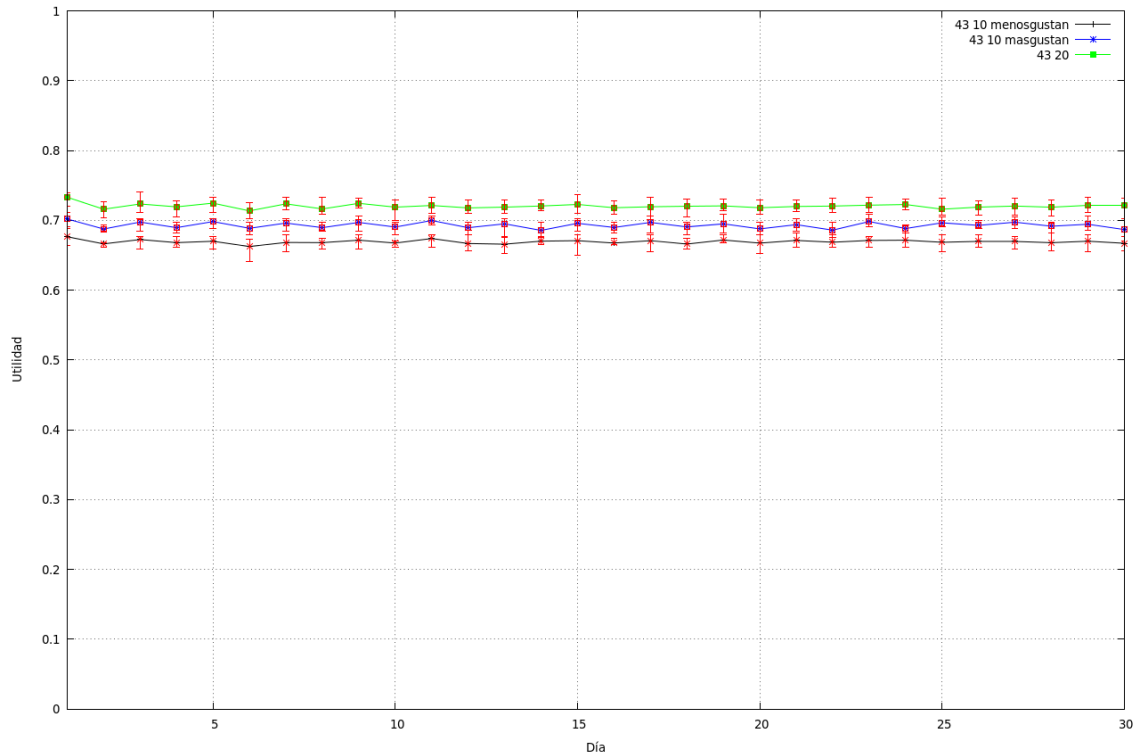


Figura 1: Resultados obtenidos para 43 personas con variación de grupos

Observamos que para una configuración de 43 personas y 20 actividades (la gráfica verde) el valor es ligeramente mejor que para los otros dos casos. Esto se debe, en parte, porque la restricción sobre la formación de grupos es más laxa (hay más actividades) y se posee más información. Conforme tenemos más restricciones (menos preferencias por las actividades) el valor empeora. Para la gráfica de 43 personas y 10 actividades con más preferencia (la gráfica azul de en medio) se observan mejores resultados que por aquellos que tienen menos (la gráfica negra de abajo). Los datos arrojados permanecen más o menos constantes a lo largo de cada día pese a que la formación de los grupos cambia (penalizando los grupos conformados de días anteriores.)

A continuación se presentan los tiempos obtenidos para cada una de las gráficas ([tiempo de usuario](#)):

Media	Mínimo	Máximo
14.1063s	8.132s	33.436s

Tabla 1: Tiempos obtenidos para 43 personas y 20 actividades con variación de grupos

Media	Mínimo	Máximo
13.3243	7.884s	32.024s

Tabla 2: Tiempos obtenidos para 43 personas y 10 actividades (“menosgustan”) con variación de grupos

Media	Mínimo	Máximo
12.0197s	6.816s	22.932s

Tabla 3: Tiempos obtenidos para 43 personas y 10 actividades (“masgustan”) con variación de grupos

Se observa que para 43 personas y 20 actividades el tiempo es ligeramente mayor seguido del de poca preferencia por actividades. Cuantas más actividades, más variabilidad y más tardará el algoritmo en cumplir la condición de terminación (número máximo de ciclos sin mejora del resultado)

En las siguientes gráficas, realizamos las mismas pruebas con datos para 20 personas y 20 actividades:

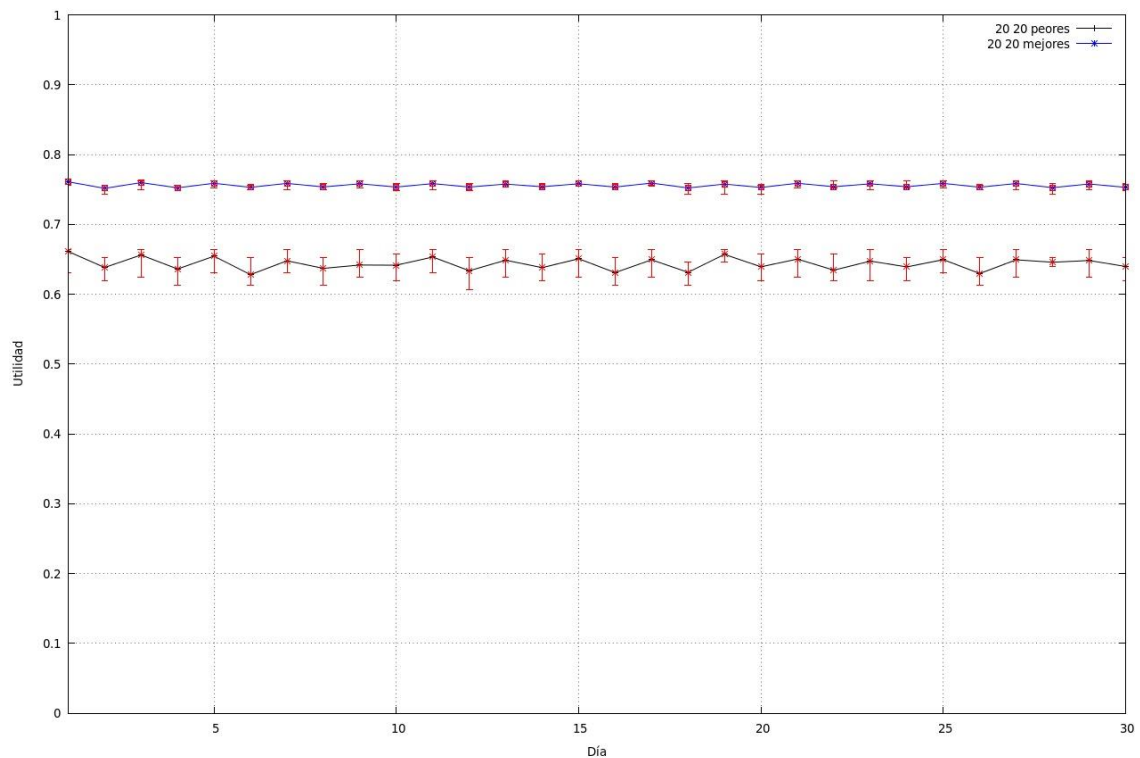


Figura 2: Resultados obtenidos para 20 personas con variación de grupos

Se puede apreciar que la gráfica de 20 personas y 20 actividades con mayor afinidad entre ellas (la gráfica azul de arriba) arroja mejores resultados que las de menos afinidad (gráfica negra de abajo). Es interesante ver que cuanto mayor amistad, mayor será el *fitness*.

Los tiempos permanecen casi parejos para los dos casos:

Media	Mínimo	Máximo
4.95185s	3.684s	9.760s

*Tabla 4: Tiempos obtenidos para 20 personas y 20 actividades (“peores”) con variación de grupos*

Media	Mínimo	Máximo
4.69999s	3.848s	8.308s

*Tabla 5: Tiempos obtenidos para 20 personas y 20 actividades (“mejores”) con variación de grupos*

## 5.2 Aprendizaje

---

Incorporando la técnica de aprendizaje (datos que se van incorporando según se van conformando los grupos) observamos lo siguiente:

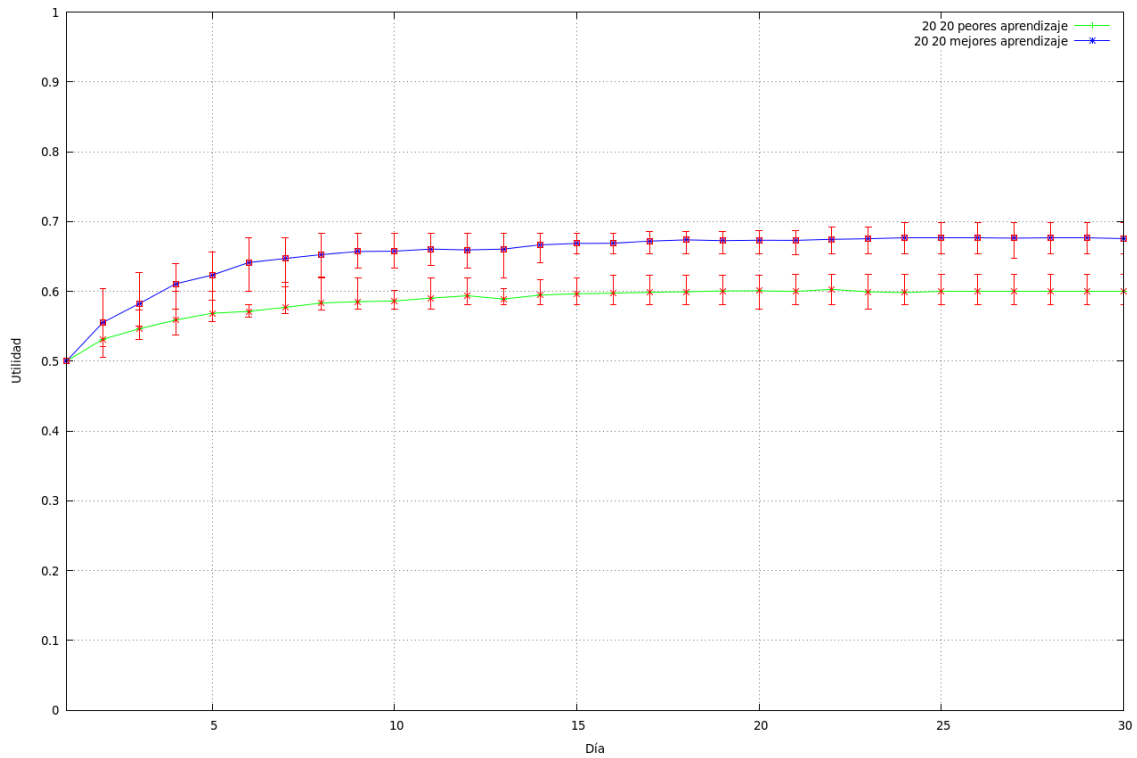


Figura 3: Resultados obtenidos para 20 personas con aprendizaje

La diferencia entre ambas gráficas es equiparable a la que observamos en el apartado anterior. Se aprecia como con ausencia total de información el resultado es 0.5 (en el primer día no hay información), a medida que pasan los días, la información “real” se va incorporando y el algoritmo va aprendiendo y encontrando cada vez mejores soluciones.

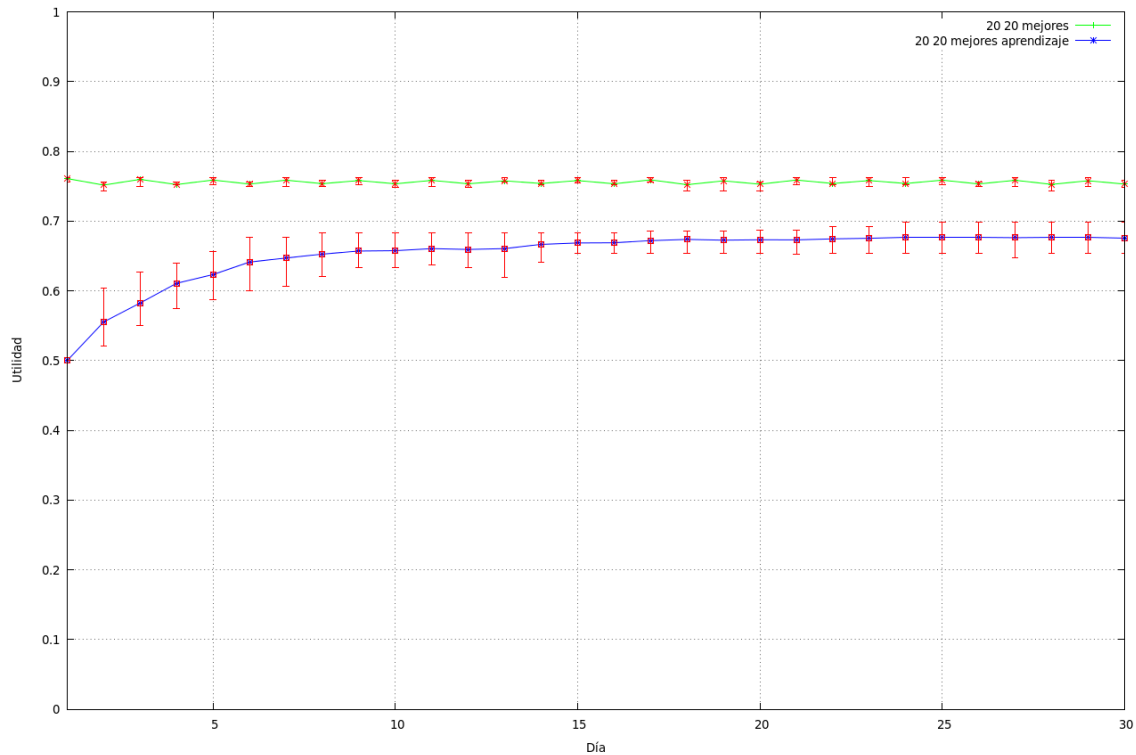


Figura 4: Resultados obtenidos para 20 personas (“mejores”) con y sin aprendizaje

Es interesante ver como con aprendizaje (la gráfica azul de abajo) el algoritmo arroja peores datos en los primeros días. Pero, posteriormente, los resultados obtenidos van aproximándose a los obtenidos con toda la información.

Los tiempos permanecen parejos a los obtenidos en la sección anterior.

Media	Mínimo	Máximo
4.37471	3.180s	7.972s

Tabla 6: Tiempos obtenidos para 20 personas y 20 actividades (“mejores”) con aprendizaje



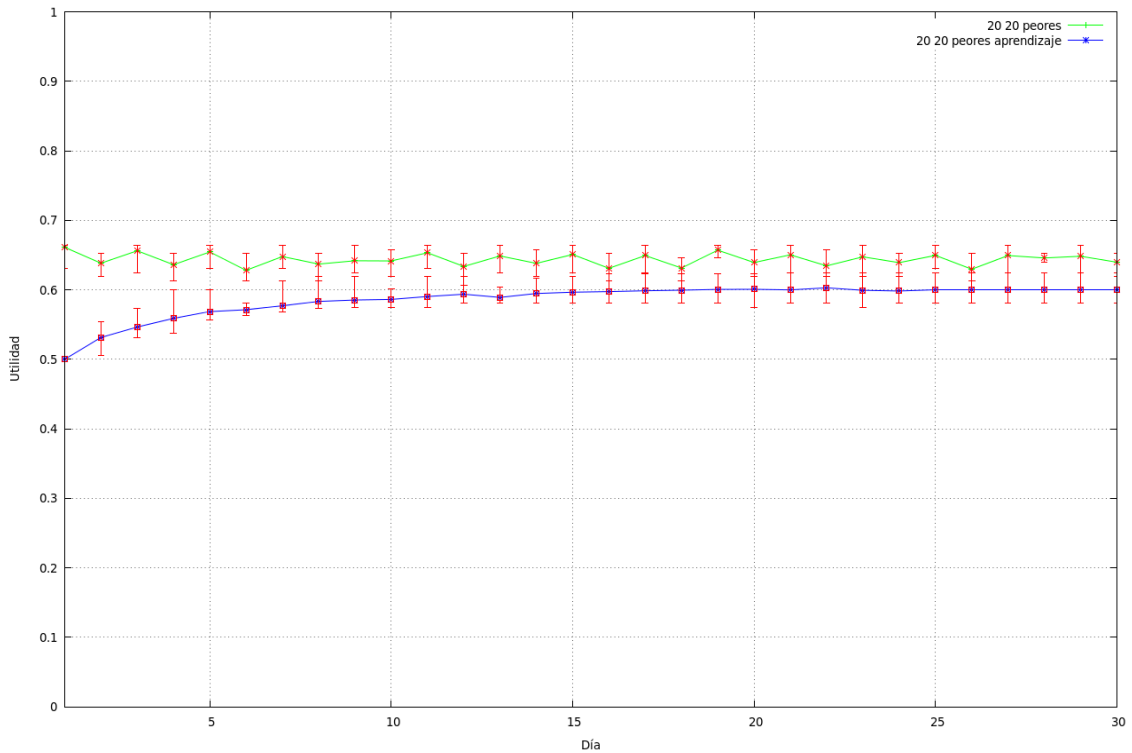


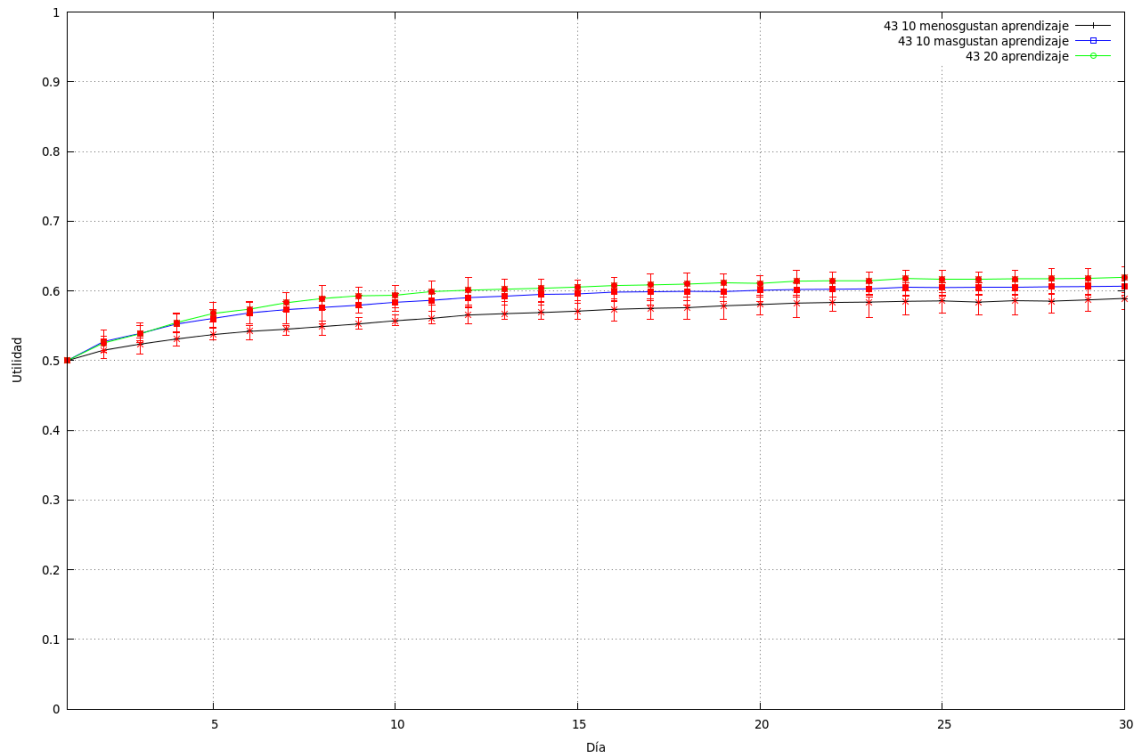
Figura 5: Resultados obtenidos para 20 personas (“peores”) con y sin aprendizaje

Al igual que con la gráfica anterior, la gráfica con la técnica de aprendizaje (gráfica azul) se acerca a la que posee toda la información (gráfica verde). En este caso es más palmario el acercamiento.

Los tiempos, permanecen parejos:

Media	Mínimo	Máximo
4.67505s	3.220s	7.080s

Tabla 7: Tiempos obtenidos para 20 personas y 20 actividades (“peores”) con aprendizaje



*Figura 6: Resultados obtenidos para 43 personas con aprendizaje*

Para el caso de las 43 personas, las tres gráficas aparecen prácticamente solapadas usando la técnica de aprendizaje. Aun así, los resultados continúan siendo mejores para el caso de 43 personas y 20 actividades (gráfica verde de arriba) seguido del de 10 actividades con mayor preferencia (gráfica azul de en medio). Por último, las que menos preferencias tienen (gráfica negra de abajo). Los datos son coherentes.



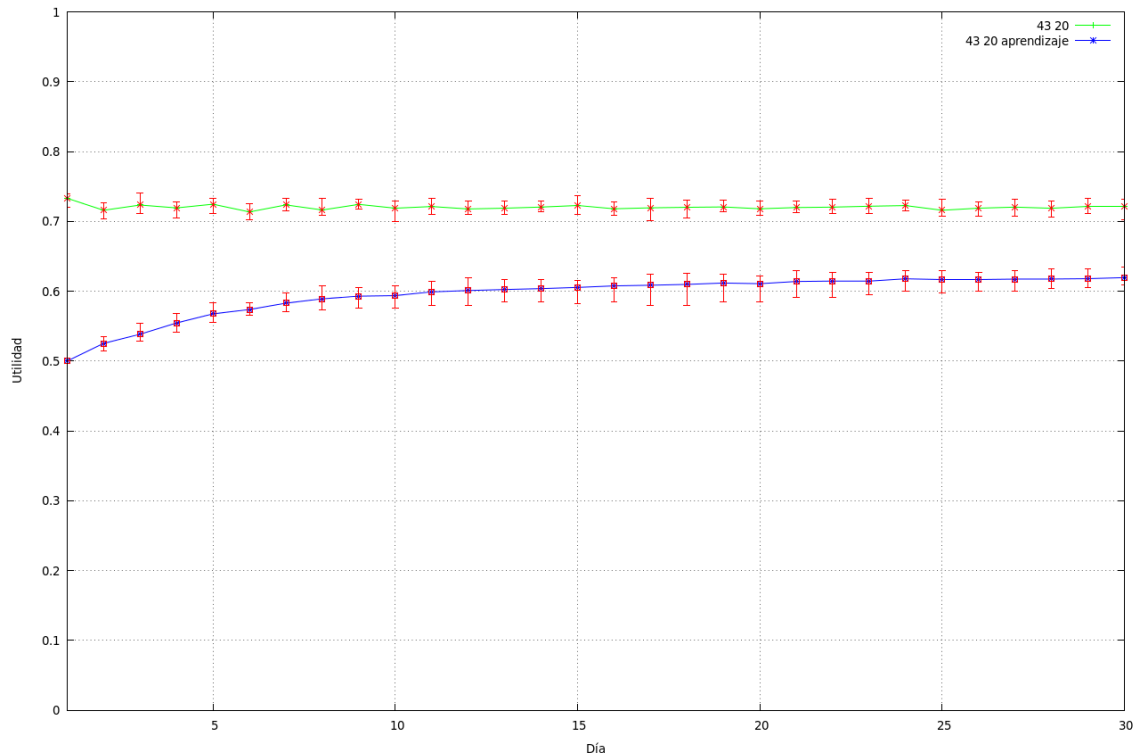


Figura 7: Resultados obtenidos para 43 personas y 20 personas con y sin aprendizaje

Al igual que con los casos de 20 personas y 20 actividades, la técnica con aprendizaje (gráfica azul de abajo) converge hacia la que tiene información completa (gráfica verde de arriba)

Sin embargo, en el caso del tiempo, vemos una mejora considerable. Esto se debe principalmente a la ausencia de información en los primeros días. El algoritmo encuentra soluciones que no mejoran y la condición de terminación se produce prematuramente.

Media	Mínimo	Máximo
10.7202s	4.184s	22.052s

Tabla 8: Tiempos obtenidos para 43 personas y 20 actividades con aprendizaje



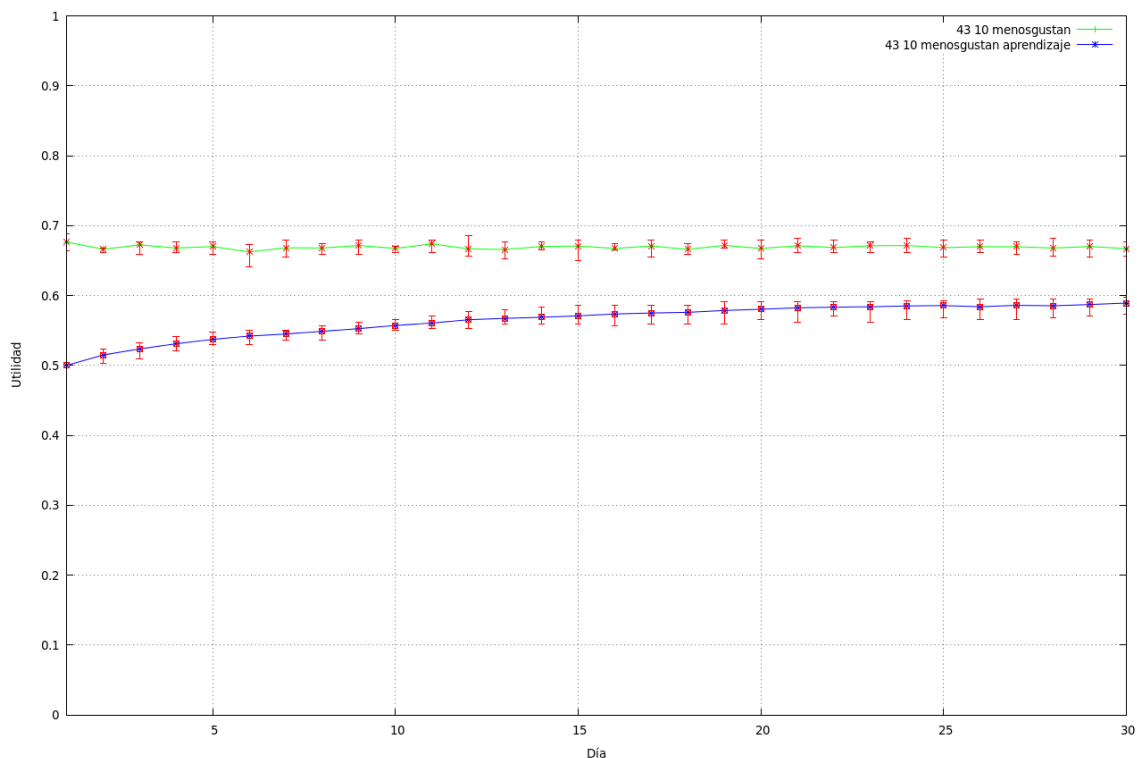


Figura 8: Resultados obtenidos para 43 personas (“menosgustan”) con y sin aprendizaje

Otro ejemplo más de convergencia, la gráfica con aprendizaje (gráfica azul) se acerca a la gráfica con toda la información (gráfica azul).

El tiempo de ejecución es similar (ligeramente más rápido que el anterior)

Media	Mínimo	Máximo
8.16557s	4.180s	16.376s

Tabla 9: Tiempos obtenidos para 43 personas y 20 actividades (“menosgustan”) con aprendizaje

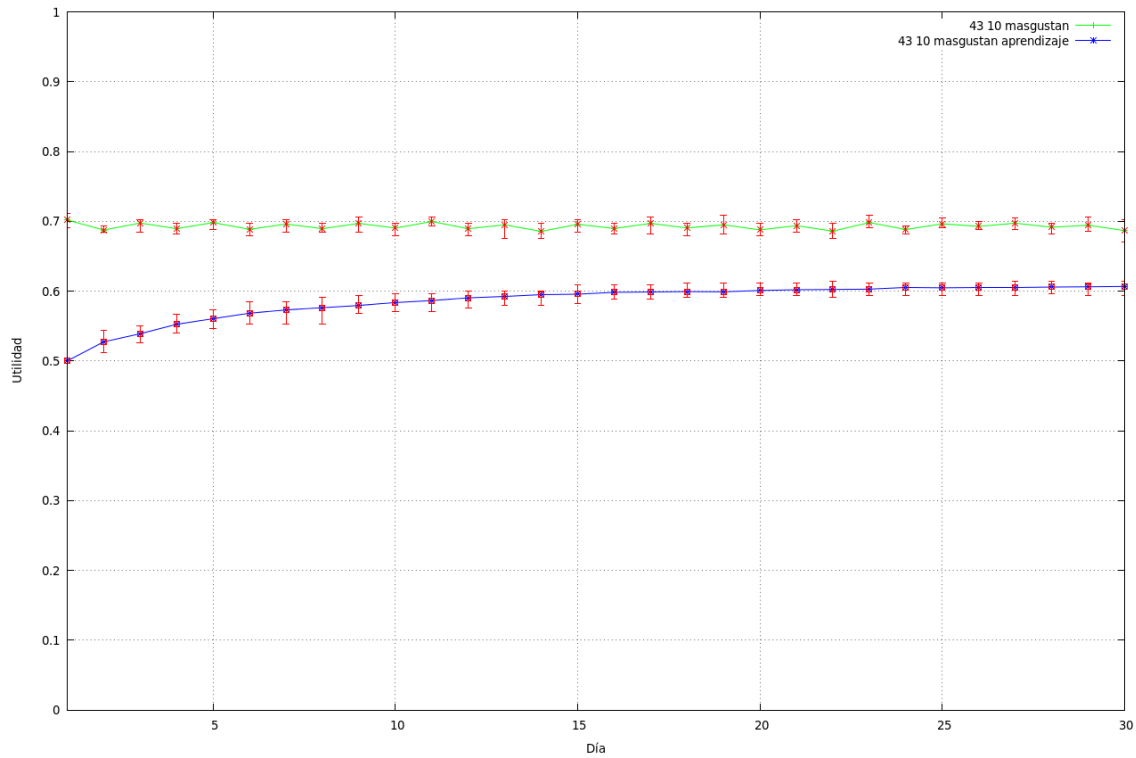


Figura 9: Resultados obtenidos para 43 personas (“masgustan”) con y sin aprendizaje

Último ejemplo de convergencia. Los tiempos permanecen parejos.

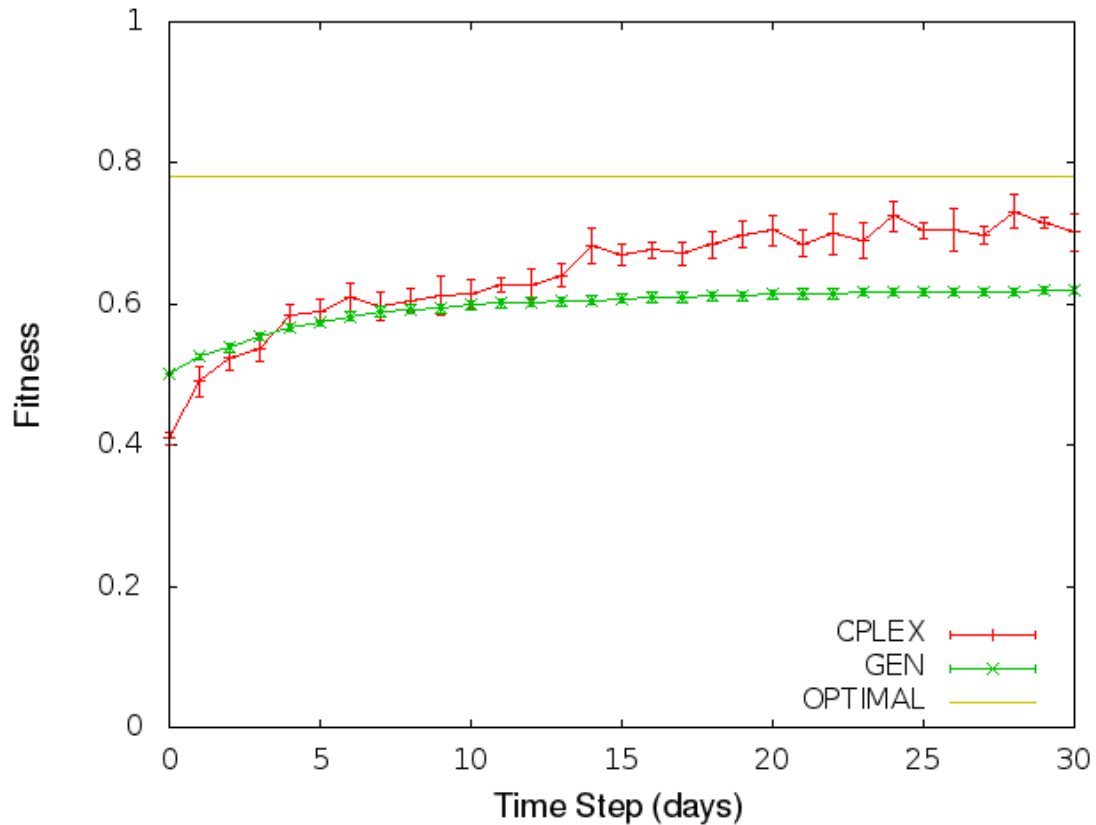
Media	Mínimo	Máximo
9.7624s	4.184s	21.288s

Tabla 9: Tiempos obtenidos para 43 personas y 20 actividades (“masgustan”) con aprendizaje

## 5.4 Comparativa

---

A continuación, se adjuntan los resultados óptimos y los arrojados por programación lineal (CPLEX) sobre los mismos datos:



*Figura 10: Resultados obtenidos para 43 personas y 20 actividades con aprendizaje*

CPLEX (gráfica roja) muestra mejores resultados que el algoritmo genético (gráfica verde) para el caso de 43 personas y 20 actividades. Sin embargo, los resultados arrojados por el algoritmo genético no distan mucho.

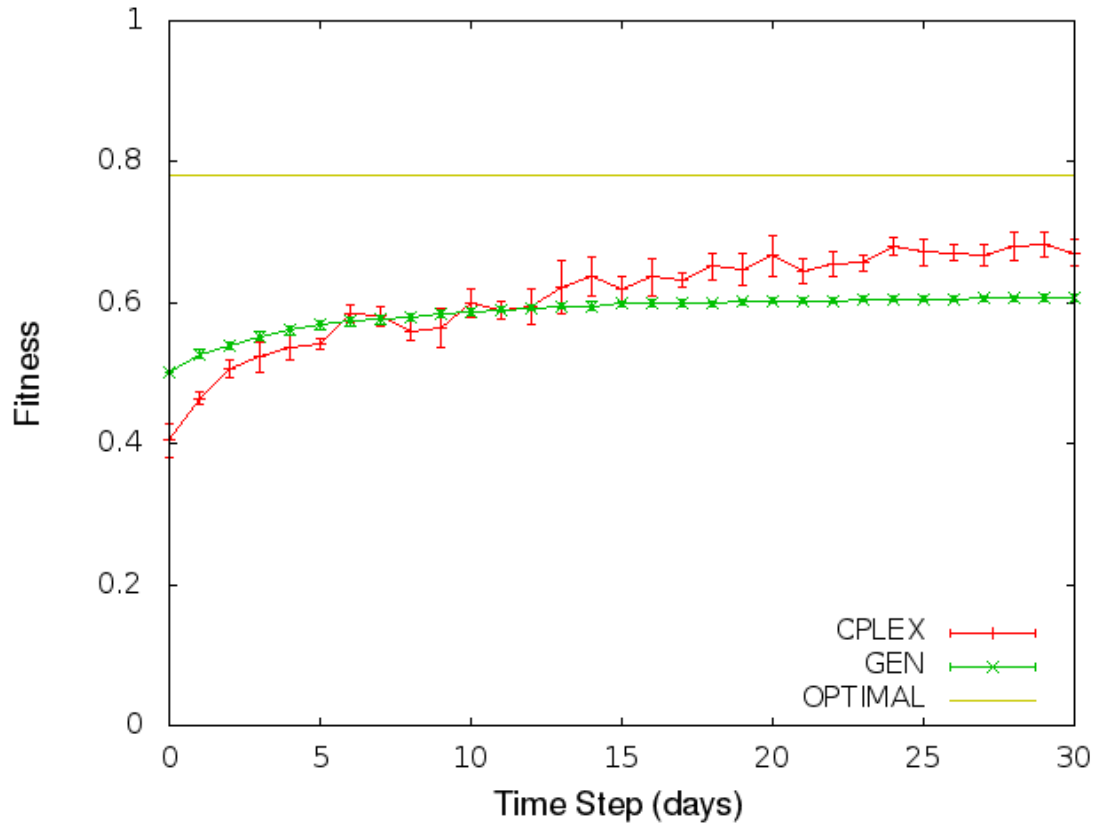


Figura 11: Resultados óptimo obtenido para 43 personas y 10 actividades (“masgustan”)

Para este caso, las diferencias son menores entre CPLEX y el algoritmo genético.

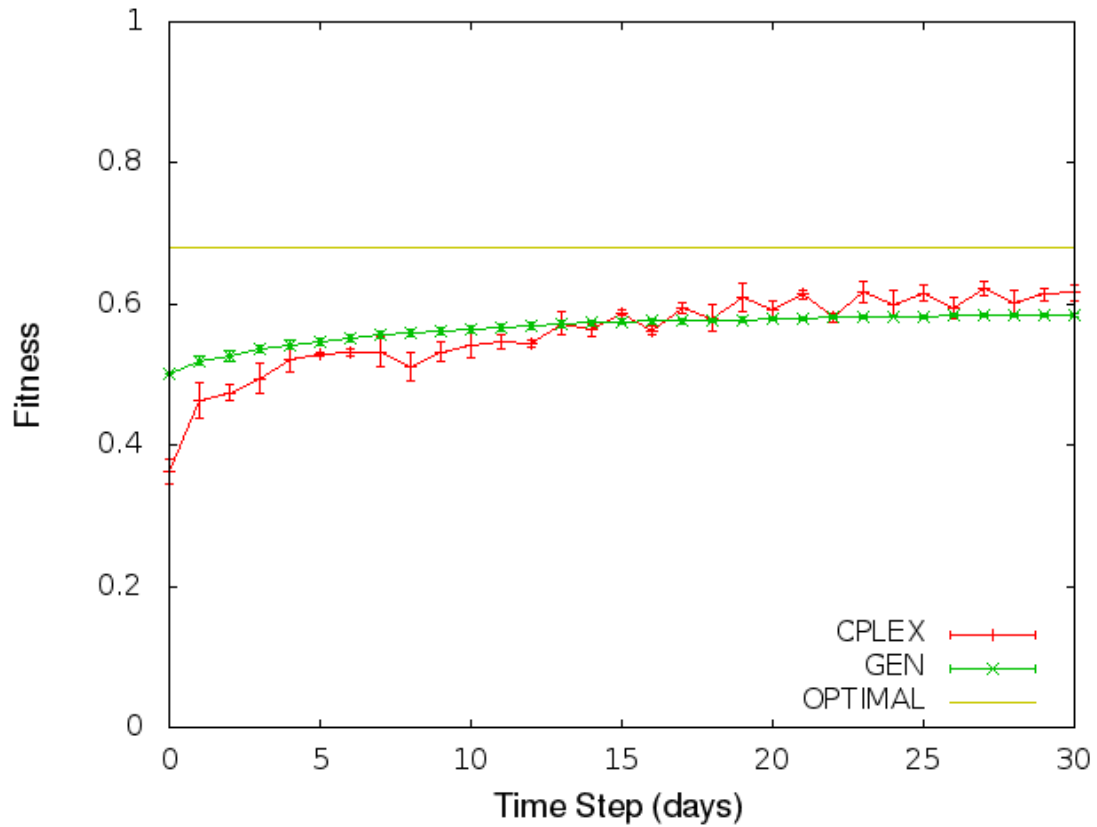


Figura 12: Resultados óptimo obtenido para 43 personas y 10 actividades (“menosgustan”)

Se observa que cuanto mayor sean las restricciones (menos preferencias por actividades) el algoritmo genético actúa de forma similar al CPLEX. La explicación reside en que en la exploración de soluciones todas las buenas son muy cercanas entre ellas.

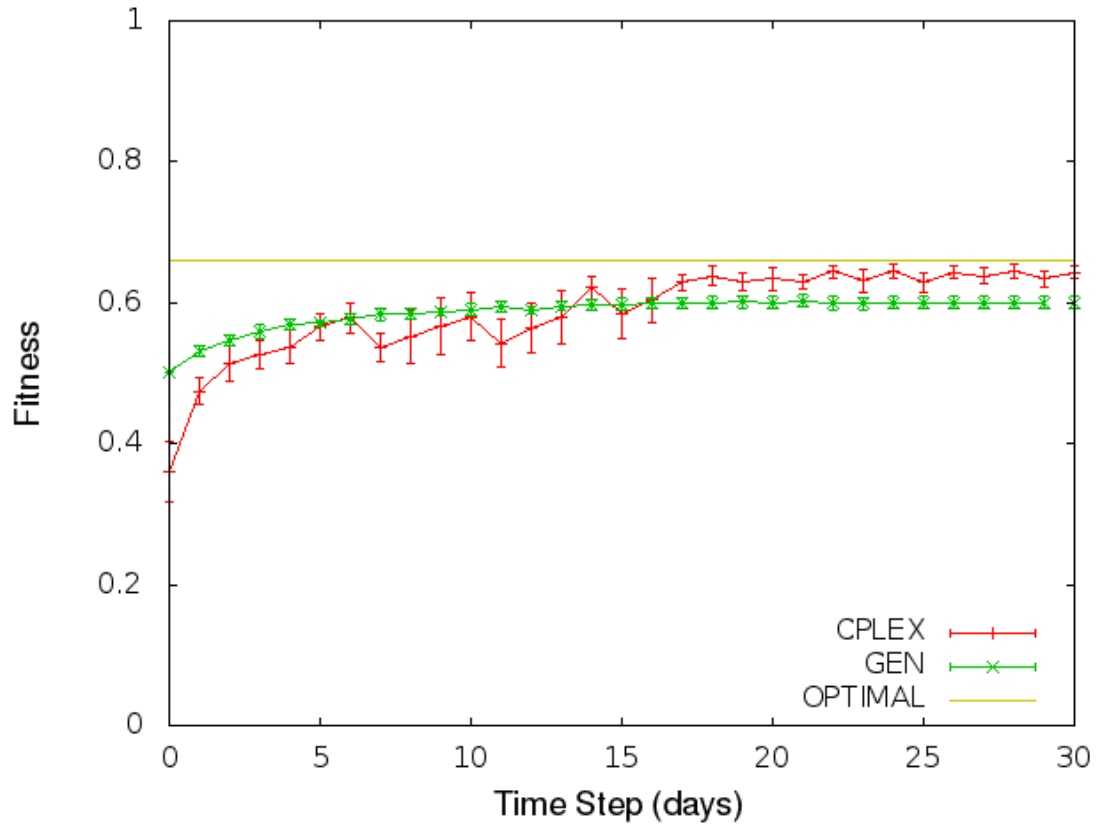
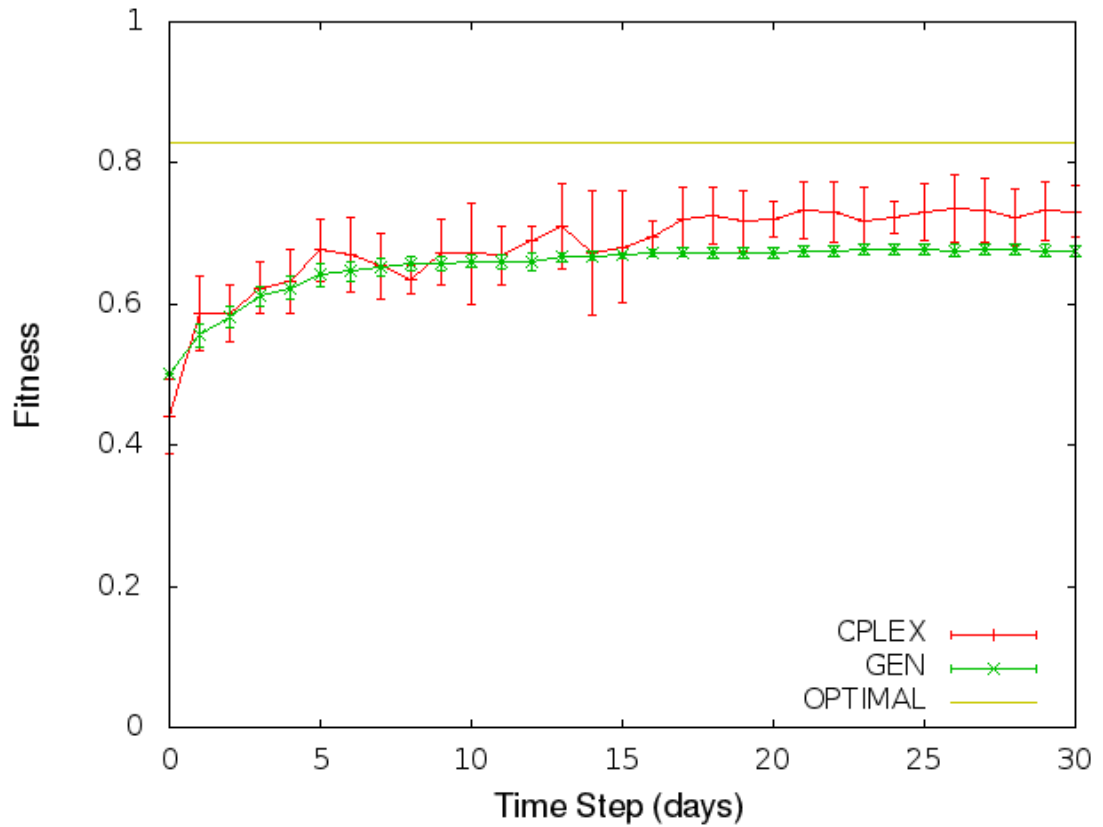


Figura 13: Resultados óptimo obtenido para 20 personas y 20 actividades (“peores”)

Para el caso de 20 personas y 20 actividades con mayor enemistad se produce el mismo efecto. A mayor restricción (muchas enemistades) el algoritmo genético actúa prácticamente como el CPLEX (incluso cercano al óptimo).



*Figura 14: Resultados óptimo obtenido para 20 personas y 20 actividades (“mejores”)*

Para finalizar, los resultados obtenidos con mayor afinidad entre miembros. A destacar la gran variabilidad en los datos arrojados por el CPLEX frente a los del algoritmo genético.

Pero donde realmente destaca el algoritmo genético es en su pronta respuesta y la notable disminución en el tiempo de computo. Se hace evidente en la comparativa de tiempos:

Estrategia	Figura 10	Figura 11	Figura 12	Figura 13	Figura 14
Algoritmo Genético	14.21 ± 0.41	1.74 ± 0.05	1.92 ± 0.06	0.68 ± 0.01	0.72 ± 0.02
CPLEX [8]	689.56 ± 47.78	692.10 ± 34.60	686.80 ± 31.82	3.76 ± 0.12	3.84 ± 0.18

Tabla 10: Tiempos obtenidos por ambas técnicas (CPLEX y Algoritmo genético)

## 6. Conclusiones

---

Si bien es cierto que otras técnicas pueden aportar una solución óptima al problema de la agrupación, la solución obtenida por el algoritmo genético no dista mucho. Es por eso, y por su rápida respuesta a este tipo de problemas que el algoritmo genético es una opción totalmente viable para la formación de equipos de trabajo en entornos de la tercera edad. El algoritmo genético palia los problemas de una exploración exhaustiva en la búsqueda de la mejor solución (tiempo y ciclos) aportando una solución aproximada. Esto abre la posibilidad de incorporar nuevas características a las personas sin que el tiempo de computo se vea perjudicado. Por ello, podemos garantizar que la utilización del algoritmo genético es adecuada para la generación automática de equipos en entornos de la tercera edad y podría perfectamente ser extrapolable a otros entornos.



## 7. Referencias

---

- [1] P. Chang, L. Wray, Y. Lin, Social relationships, leisure activity, and health in older adults, *Health Psychol* 33 (46) (2014) 516–523.
- [2] H. S. Minhat, R. Mohd Amin, Sociodemographic determinants of leisure participation among elderly in malaysia, *Journal of Community Health* 37 (4) (2011) 840–847.
- [3] C. Haslam, S. Alexander Haslam, C. Knight, I. Gleibs, R. Ysseldyk, L.-G. McCloskey, We can work it out: Group decision-making builds social identity and enhances the cognitive performance of care residents, *British Journal of Psychology* 105 (1) (2014) 17–34.
- [4] S. Freeman, L. Spirgiene, M. Martin-Khan, J. P. Hirdes, Relationship between restraint use, engagement in social activity, and decline in cognitive status among residents newly admitted to long-term care facilities, *Geriatrics & Gerontology International* (2016) n/a–n/a.
- [5] C. Harrington, J. Choiniere, M. Goldmann, F. F. Jacobsen, L. Lloyd, M. McGregor, V. Stamatopoulos, M. Szebehely, Nursing home staffing standards and staffing levels in six countries, *Journal of Nursing Scholarship* 44 (1) (2012) 88–98. doi:10.1111/j.1547-5069.2011.01430.x
- [6] A. Matta, S. Chahed, E. Sahin, Y. Dallery, Modelling home care organisations from an operations management perspective, *Flexible Services and Manufacturing Journal* doi:10.1007/s10696-012-9157-0.
- [7] Ohta, N., Conitzer, V., Ichimura, R., Sakurai, Y., Iwasaki, A., Yokoo, M.: Coalition structure generation utilizing compact characteristic function representations. In: *Principles and Practice of Constraint Programming - CP 2009*, vol. 5732, pp. 623–638. Springer (2009)
- [8] Datos suministrados por Juan M. Alberola ([jalberola@dsic.upv.es](mailto:jalberola@dsic.upv.es)), Elena del Val ([edelval@dsic.upv.es](mailto:edelval@dsic.upv.es)) y Vicente Julián Inglada ([vinglada@dsic.upv.es](mailto:vinglada@dsic.upv.es))

Agradecer la estrecha colaboración en información (datos, gráficas y documentación) y ayuda a:

- Vicente Julián Inglada (tutor del proyecto)
- Elena del Val (codirectora)
- Juan M. Alberola (codirector)