Resumen 1
1. Introducción 2
1.1 *Antecedentes* 2
1.2 Problemática a resolver 2
1.3 Estado del arte 2
2. Justificación 4
3. Objetivos 5
3.1 Objetivo general 5
3.2 Objetivos específicos. 5
4. Caracterización del área en que participó 6
4.1. Misión 6
4.2. Visión 6
4.3. Croquis de la ubicación de la institución: 6
4.4. Descripción del área de trabajo. 7
4.5. Organigrama de la institución: 7
4.6. Descripción general de infraestructura del equipo de cómputo. 8
5. Problemas a resolver priorizándolos 9
6. Alcances y limitaciones 10
7. Fundamento Teórico 11
7.1. ¿Que son los Algoritmos Genéticos? 11
7.2. ¿Por qué utilizar Algoritmos Genéticos en la Optimización? 12
7.3. ¿Cómo Saber si es Posible usar un Algoritmo Genético? 13
7.4. Complejidad de los algoritmos 13
7.5. Algunas clases de complejidad 14
7.6. Descripción del proceso de selección natural 15
7.7. Población inicial 16
7.8. Función de evaluación o "fitness" 17
7.9. Selección 18
7.10. Recombinación genética o "Crossover" 18
8. Procedimiento y descripción de las actividades realizadas 19
8.1. Actividad 1: Realizar Revisión bibliográfica sobre el estado del arte: 19
8.2. Actividad 2: Analizar y revisión del problema específico de la institución en donde se aplicará el software: 20

8.3. Actividad 3: *Analizar y seleccionar los elementos que se incluirán en el software de pruebas*: entrevista, modelado de casos de uso. 21
8.3.1. Entrevista: 21
8.3.2. Análisis de lo obtenido en la entrevista 23
8.4. Actividad 4: Determinar Escenarios. 23
8.4.1. Casos de uso 26
8.4.2. Plantillas de casos de uso. 28
8.4.3. Funciones del software. 30
8.5. Actividad 5: *Búsqueda y desarrollo del método de codificación:* 31
8.6. Actividad 6: *Reconocer las restricciones duras y blandas del problema* 32
8.7. Actividad 7: *Determinar inicialización de los parámetros* 33
8.8. Actividad 8: *Búsqueda de la función objetivo* 33
8.8.1. Función de coste 34
8.9. Actividad 9: *Análisis, elección y programación de los operadores de cruza y mutación* 36
8.10. Actividad 10: *Análisis de la población inicial y métodos de generación* 36
8.11. Actividad 11: *Decodificación* 36
8.12. Actividad 12: *Pruebas en caso real* 37
8.13. Actividad 13: *Integración de los elementos y técnicas en una herramienta de software* 37
9. Resultados 38
9.1. Horarios resultantes: 42
10. Conclusión 44
11. Referencias 44
12. Anexos... 45

Resumen

El problema de asignación de horarios escolares implica establecer un conjunto de elementos y relaciones entre los mismos. Este conjunto puede variar dependiendo de la institución. La asignación de un número de eventos en un tiempo limitado a un número de recursos limitados hace que este problema sea de difícil solución ya que el espacio de búsqueda de las soluciones del problema es extremadamente amplio.

La escuela secundaria Lic. Adolfo López Mateos de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez presenta al igual que muchas escuelas del mismo nivel, el problema de asignación de horarios. Las dificultades especificas son que se invierte mucho tiempo en la elaboración de los horarios para los grupos y aun mas para lo profesores, la suma excesiva de restricciones propuestas por cada profesor genera inconformidad en los horarios generados de manera manual, no se logran cubrir todas las restricciones propuestas y se genera mucho esfuerzo en esta labor.

Propusimos entonces al inicio de este proceso implementar un algoritmo genético para la solución automática de esta problemática.

El algoritmo se basa en la teoría fundamenta de la evolución de las especies propuesta por Charles Darwin décadas atrás. Se trata de hacer una abstracción del problema y plantear la solución en un *Cromosoma* (conjunto ordenado de datos) y hacer mediante operadores genéticos (selección, cruza y mutación) que se logre generar el cromosoma mas apto para la solución del problema.

1. Introducción

1.1 *Antecedentes*

El problema de asignación de horarios no es nuevo, y también tiene mucho tiempo que fue clasificado entre los problemas NP- Completos, que son un tipo de problema especialmente difícil de tratar porque no son determinísticos polinomicos. Esto nos indica que desde entonces se ha dedicado muchos recursos para encontrar las formas más _optimas de solucionarlo. Las técnicas implementadas con el objetivo de resolver este problema han sido muy variadas.
Con el _n de resolver o analizar el problema se han utilizado muchos métodos dentro de los que destacan los heurísticos y meta heurísticos. Métodos de colonias de hormigas. Búsqueda tabú. Recocido simulado. Búsqueda local. Métodos multiagentes. Métodos híbridos.

1.2 Problemática a resolver

El problema de asignación de horarios escolares implica establecer un conjunto de elementos y relaciones entre los mismos. Este conjunto puede variar dependiendo de la institución. La asignación de un número de eventos en un tiempo limitado a un número de recursos limitados hace que este problema sea de difícil solución ya que el espacio de búsqueda de las soluciones del problema es extremadamente amplio. Además el problema implica que en la mayoría de los casos:

- Se ocasionan traslapes en las materias del alumno que imposibilita la asistencia del mismo a dichas materias.
- Los salones se asignan a más de un grupo en un mismo horario causando que uno de los dos grupos busque un nuevo salón y perdiendo parte del tiempo de la clase en el proceso.
- Surgen otros inconvenientes en el proceso de asignación de horarios para poder satisfacer las demandas.

La idea es definir un algoritmo inteligente (algoritmo genético) a partir de los datos y elementos que se tienen actualmente. Que aunque no garantiza llegar a la solución exacta del problema logre una solución que ayude a mejorar el desempeño actual de la asignación de horarios.

1.3 Estado del arte

Para el análisis se tomaron dos de los trabajos que más parecido tienen con el tema tratado. Esta muestra de documentos se considera representativa, dado

el hecho de que las formas de resolver el problema de asignación de horarios son muy variadas.

En *A Genetic Algorithm To SolveTheTimeTable Problem* se ve la implementación de un algoritmo genético dentro de una escuela italiana en la cual se quieren calendarizar los cursos de manera óptima. El problema específico está representado por:

Una lista de M profesores (de 20 a 24 en el caso de estudio)

Una lista de P clases involucradas (10).

Una lista de N horas para cada clase (30).

Algunas condiciones externas (por ejemplo las horas en que los profesores están involucrados en otras actividades académicas)

En éste trabajo se encontró un alfabeto que permite representar el problema como una matriz R donde cada fila corresponde a un profesor y cada columna a una hora entonces cada elemento de R representa un gen como se muestra en la Figura 1.

El algoritmo descubierto fue implementado en lenguaje C y probado con un conjunto de datos pertenecientes a una escuela de Milán. Los autores compararon su algoritmo con los métodos de recocido simulado y búsqueda tabú obteniendo buenos resultados frente al de recocido simulado pero un resultado ligeramente menos buenos frente al de búsqueda tabú.

En el caso de *Tettamanzi An Evolutionar y Algorithmfor Solvingthe School Time Tabling Problem* los autores proponen una división en sectores del algoritmo genético, para la asignación de horarios de cursos semanales en una universidad.

Esquema de los cromosomas.

Para finalizar su trabajo se hicieron 3000 iteraciones con diferente tamaño de población (25, 50 y 100) y rangos de cruzamiento y mutación de 0.6 y 0.7 respectivamente. De donde una población de 100 tuvo mejores resultados.

En este trabajo no se comparan los resultados con otros algoritmos, lo cual puede limitar la capacidad de análisis de los mismos. Además señala que fue aplicado a un caso real pero no menciona variables utilizadas.

Los propios autores hacen notar que su investigación necesita experimentar con otros casos de estudio en donde existan más restricciones y diversidad de requerimientos.

2. Justificación

El algoritmo podrá ser ensamblado a una herramienta de gestión de control escolar, que incluya el servicio de generación de horarios.

Se encontrará una solución exacta y matemáticamente definida que haga eficiente la búsqueda de horarios en los problemas actuales de pérdida de tiempo en la asignación de horarios en la institución.

El encargado de realizar los horarios en la institución se ahorrara tiempo y esfuerzo en la realización de los mismo.

3. Objetivos

3.1 Objetivo general

Lograr la generación de horarios escolares automáticos y eficientemente o a mediante un algoritmo genético.

3.2 Objetivos específicos.

- Hacer un análisis del problema general de asignación de horarios
- Identificar las restricciones del problema.
- Encontrar la función de aptitud.
- Encontrar la función de cruza y mutación.
- Codificar y agrupar la información de entrada necesaria para el algoritmo.
- Probar el algoritmo encontrado con una muestra lo más cercana a realidad con ayuda de un programa.
- Decodificar la información de salida del algoritmo para su interpretación.
- Analizar los resultados.

4. Caracterización del área en que participó

La institución en donde se realizo el presente caso de estudio para la aplicación de los algoritmos genéticos en búsqueda de la automatización de la generación de horarios escolares es la escuela secundaria Lic. Adolfo López Mateo, situada en la localidad de Tuxtla Gutiérrez. Imparte educación básica (secundaria general), y es de control público (federal transferido).

Algunas de sus características son:

4.1. Misión

Ofrecemos a nuestros alumnos una formación integral centrada en el desarrollo de competencias (conocimientos, habilidades, actitudes y valores), para que sea capaz de resolver los retos de la vida actual, con una visión propositiva.

4.2. Visión

Ser una escuela con maestros comprometidos en la formación de alumnos críticos, analíticos, reflexivos y competentes para que actúen apropiadamente en su contexto laboral, familiar y social.

4.3. Croquis de la ubicación de la institución:

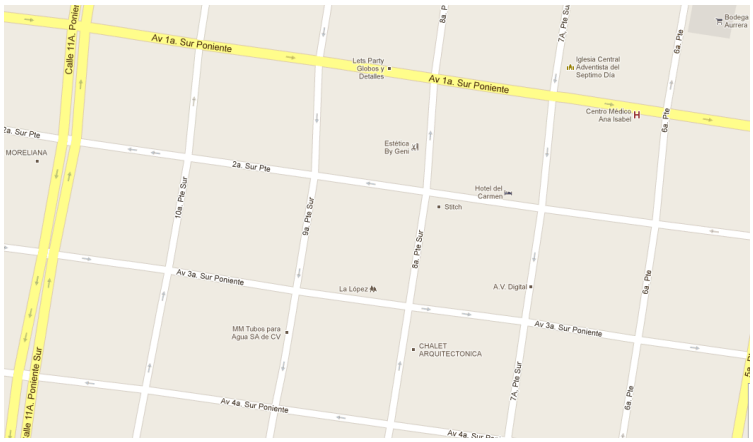


Figura 1. Croquis de la ubicación

Sus datos de contacto son:

Lic. Adolfo López Mateos

Dirección: octava poniente y tercera sur

Tuxtla Gutiérrez (Municipio: Tuxtla Gutiérrez, Estado: Chiapas)

Código Postal: 29000, Teléfono: 01961613260

4.4. Descripción del área de trabajo.

La institución tiene una infraestructura constituida principalmente por salones, talleres, salas de cómputo, sala audiovisual, cafetería, baños, espacios deportivos y oficinas administrativas.

De manera gráfica general se ve:

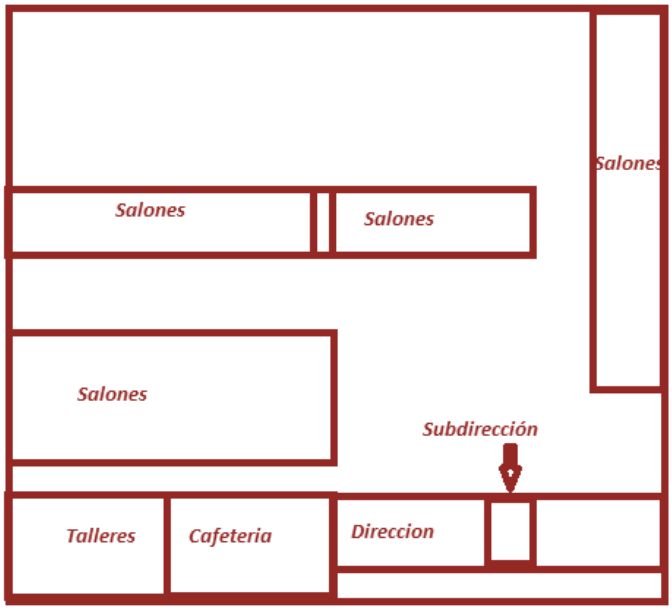


Figura 2. Descripción del área de trabajo.

4.5. Organigrama de la institución:

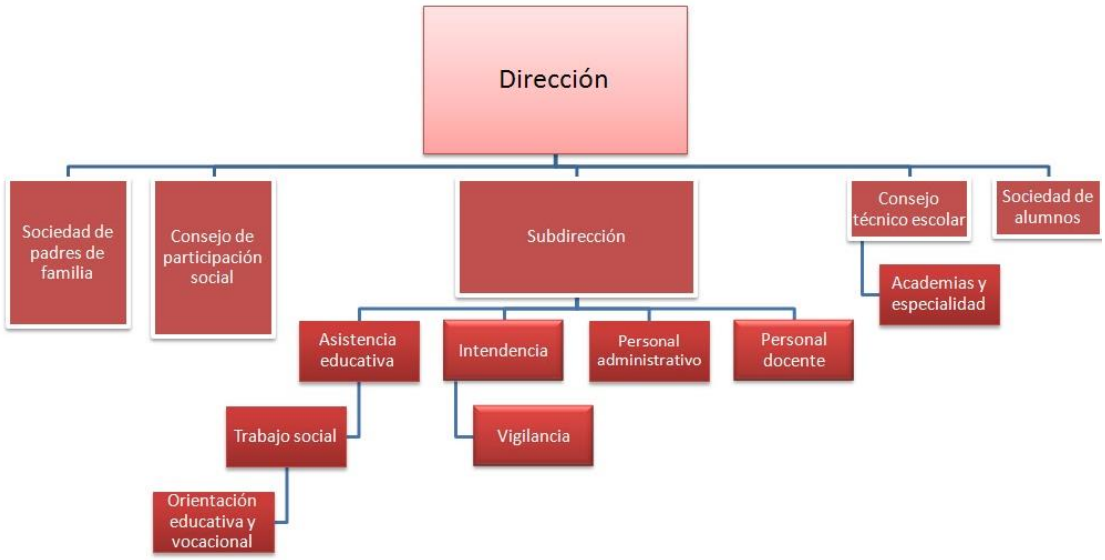


Figura 3. El diagrama muestra la estructura organizacional de la institución.

4.6. Descripción general de infraestructura del equipo de cómputo.

En el área de subdirección, en la cual se está trabajando en al proyecto de "*generación automática de horarios escolares basado en algoritmos genéticos*", se cuenta con tan solo dos equipos de cómputo:

- Laptop Hp
  - 1 GB RAM
  - 250 GB de Disco Duro
  - Procesador AMD Dual-Core E1 de 1.4 GHz
  - Batería de 6 horas
  - Windows 7
- Laptop Compac
  - 2GB RAM
  - 250 GB de Disco Duro
  - Procesador AMD Dual-Core E de 1.4 Ghz

5. Problemas a resolver priorizándolos

Tareas en orden de prioridad.

- Realizar revisión bibliográfica sobre el estado del arte.
- Identificar los elementos de la problemática.
- Analizar y seleccionar los elementos que se incluirán en el software de pruebas. Búsqueda y desarrollo del método
- Programación de la función objetivo, análisis, elección y programación de los operadores de cruza y mutación.
- Análisis de la población inicial, resultados generados y métodos de impresión. Decodificación.
- Pruebas en caso real y mejora de la técnica.
- Integración de los elementos y técnicas en una herramienta de software

6. Alcances y limitaciones

Por ser el problema de asignación de horarios un problema catalogado a nivel mundial como NP - Completo aplicables a muchas organizaciones, el hecho de encontrar un método efectivo/óptimo para la solución del mismo es un logro significativo. El algoritmo encontrado será capaz de:

- Generar horarios para maestros.
- Se podrá aplicar a cualquier institución con una estructura similar a la que originalmente se aplica el algoritmo genético.

Dentro de las limitaciones se encuentran las siguientes.

- El algoritmo no encontrará la solución exacta de la problemática pero, de entre muchas opciones encontrará la más óptima.
- Si se desea aplicar en alguna otra institución diferente a la que originalmente se aplica el algoritmo, tendrá que realizarse las modificaciones adecuadas para cumplir con los requerimientos específicos de la institución que desea adoptar el algoritmo.

7. Fundamento Teórico

7.1. ¿Que son los Algoritmos Genéticos?

Los AG son métodos adaptativos que pueden usarse para resolver problemas de búsqueda y optimización. Están basados en el proceso genético de los organismos vivos. A lo largo de las generaciones, las poblaciones evolucionan en la naturaleza de acorde con los principios de la selección natural y la supervivencia de los más fuertes, postulados por Darwin (1859). Por imitación de este proceso, los AG son capaces de ir creando soluciones para problemas del mundo real. La evolución de dichas soluciones hacia valores óptimos del problema depende en buena medida de una adecuada codificación de las mismas.

En la naturaleza los individuos de una población compiten entre sí en la búsqueda de recursos tales como comida, agua y refugio. Incluso los miembros de una misma especie compiten a menudo en la búsqueda de un compañero. Aquellos individuos que tienen más éxito en sobrevivir y en atraer compañeros tienen mayor probabilidad de generar un gran número de descendientes. Por el contrario individuos poco dotados producirán un menor número de descendientes. Esto significa que los genes de los individuos mejor adaptados se propagaran en sucesivas generaciones hacia un número de individuos creciente. La combinación de buenas características provenientes de diferentes ancestros, puede a veces producir descendientes "supe individuos", cuya adaptación es mucho mayor que la de cualquiera de sus ancestros. De esta manera, las especies evolucionan logrando unas características cada vez mejor adaptadas al entorno en el que viven. [3]

El poder de los AG proviene del hecho de que se trata de una técnica robusta, y pueden tratar con éxito una gran variedad de problemas provenientes de diferentes áreas, incluyendo aquellos en los que otros métodos encuentran dificultades. Si bien no se garantiza que el AG encuentre la solución optima del problema, existe evidencia empírica de que se encuentran soluciones de un nivel aceptable, en un tiempo competitivo con el resto de algoritmos de optimización combinatoria.

En el caso de que existan técnicas especializadas para resolver un determinado problema, lo más probable es que superen al AG, tanto en rapidez como en eficacia. El gran campo de aplicación de los AG se relaciona con aquellos problemas para los cuales no existen técnicas especializadas. Incluso en el caso en que dichas técnicas existan, y funcionen bien, pueden efectuarse mejoras de las mismas hibridándolas con los AG.

7.2. ¿Por qué utilizar Algoritmos Genéticos en la Optimización?

La razón del creciente interés por los AG es que estos son un método global y robusto de búsqueda de las soluciones de problemas. La principal ventaja de estas características es el equilibrio alcanzado entre la eficiencia y eficacia para resolver diferentes y muy complejos problemas de grandes dimensiones.

Lo que aventaja a los AG frente a otros algoritmos tradicionales de búsqueda es que se diferencian de estos en los siguientes aspectos:

- Trabajan con una codificación de un conjunto de parámetros, no con los parámetros mismos. Trabajan con un conjunto de puntos, no con un único punto y su entorno (su técnica de búsqueda es global.) Utilizan un subconjunto del espacio total, para obtener información sobre el universo de búsqueda, a través de las evaluaciones de la función a optimizar. Esas evaluaciones se emplean de forma eficiente para clasificar los subconjuntos de acuerdo con su idoneidad.

- No necesitan conocimientos específicos sobre el problema a resolver; es decir, no están sujetos a restricciones. Por ejemplo, se pueden aplicar a funciones no continuas, lo cual les abre un amplio campo de aplicaciones que no podrían ser tratadas por los métodos tradicionales.

- Utilizan operadores probabilísticos, en vez de los típicos operadores determinísticos de las técnicas tradicionales.

- Resulta sumamente fácil ejecutarlos en las modernas arquitecturas masivas en paralelo.

- Cuando se usan para problemas de optimización, resultan menos afectados por los máximos locales que las técnicas tradicionales (i.e., son métodos robustos).

7.3. ¿Cómo Saber si es Posible usar un Algoritmo Genético?

La aplicación más común de los AG ha sido la solución de problemas de optimización, en donde han mostrado ser muy eficientes y confiables.

Sin embargo, no todos los problemas pudieran ser apropiados para la técnica, y se recomienda en general tomar en cuenta las siguientes características del mismo antes de intentar usarla:

- Su espacio de búsqueda (i.e., sus posibles soluciones) debe de estar delimitado dentro de un cierto rango.
- Debe permitir definir una función de aptitud que nos indique que tan buena o mala es una cierta respuesta.
- Las soluciones deben codificarse de una forma que resulte relativamente fácil de implementar en el computador.

El primer punto es muy importante, y lo más recomendable es intentar resolver problemas que tengan espacios de búsqueda discretos aunque éstos sean muy grandes. Sin embargo, también podrá intentarse usar la técnica con espacios de búsqueda continuos, pero preferiblemente cuando exista un rango de soluciones relativamente pequeño.

7.4. Complejidad de los algoritmos

El tiempo que toma ejecutar un algoritmo es una de las medidas más importantes del costo de ejecución. En algunos casos cabe la posibilidad de que algoritmos diferentes que pueden llevar a una misma solución pueden solucionar un mismo problema. En general, sucede que dos algoritmos pueden tener la misma complejidad temporal, también hay casos en que algoritmos diferentes que resuelven el mismo problema pueden tener complejidades temporales bastantes diferentes. De la misma manera, algoritmos distintos pueden tener diferentes \efectos secundarios" aun cuando produzcan el mismo resultado.

Supongamos que tenemos un problema y conocemos un algoritmo para su solución, algo que nos podemos cuestionar de inmediato es. Podemos encontrar otro algoritmo con una complejidad menor, que resuelva el mismo problema

Si descubrimos un algoritmo con complejidad temporal menor; subyace de nuevo la pregunta, ¿Es posible hacerlo aún mejor? Entonces, será deseable determinar la complejidad temporal de un problema, la cual se define como la complejidad temporal del \mejor" algoritmo posible para resolver el problema, es decir debido a la complejidad temporal del problema, debemos saber que

existe un algoritmo que solucione el problema de tal complejidad temporal, y que no existe un algoritmo con menor complejidad temporal que también solucione el problema.

7.5. Algunas clases de complejidad

Para una discusión abstracta sobre la posibilidad de resolver problemas mediante algoritmos eficientes, resulta conveniente formularlos en términos de problemas de decisión del tipo si/no. Esto nos permitirá poder comparar problemas muy diferentes. Un problema de decisión se dice que es de tipo P, si para su resolución son precisos los algoritmos que realicen un número de operaciones básicas O (p), donde p es un polinomio en el tamaño del problema.

Hay un tipo de problemas especialmente difíciles de tratar. Son los llamados NP, que quiere decir no determinístico polinomico.

Una solución de un problema NP puede ser comprobada en tiempo polinómico; para muchos problemas NP se conocen cotas lineales eficientes, sin embargo para el peor caso son exponenciales [6].

Se dice que un problema de decisión X se puede transformar polinómicamente en otro problema de decisión Y si, dadas las entradas A y B, que pueden transformarse una de la otra en tiempo polinomial respecto del original, A hace que X tenga respuesta afirmativa si y solamente si B hace que Y tenga respuesta afirmativa. Con esta noción se puede introducir la definición de problema NP-C (NPcompleto). Un cierto problema X es del tipo NP-C si, además de ser NP, todos los otros problemas NP se pueden transformar en X polinómicamente. Se demuestra, que, si se sabe resolver de forma eficiente uno de los problemas NP-C, quedan resueltos todos [7].

Conviene comentar que, a pesar de la dificultad de encontrar algoritmos eficientes para la solución general de problemas del tipo NP-C se conocen buenos métodos heurísticos que llevan a soluciones cuasi-_optimas [6].

Cuando se resuelve un problema, se busca la mejor solución entre un conjunto de posibles soluciones. Al conjunto de todas las posibles soluciones a un problema concreto se llama espacio de búsqueda. Cada punto en el espacio de búsqueda representa una posible solución. Cada posible solución se le puede asociar un fitness o un valor que indicaría qué tan óptima es la solución para el problema.

En ocasiones el problema a solucionar tiene un espacio de bien definido pero, en la mayoría de los casos solo se conocen algunos de los puntos del espacio

de búsqueda, el problema radica en que la búsqueda de la solución se puede complicar y volver muy compleja debido a varias circunstancias, por ejemplo el no saber dónde buscar la solución o en donde comenzar la búsqueda.

Mientras más grande el espacio de búsqueda más complejo es encontrar una buena solución y ésta no siempre es la óptima. La asignación de horarios tiene un espacio de búsqueda muy amplio, lo que hace que la búsqueda de la solución sea más difícil y lo convierta en un problema NP-Completo. Lo que hace que el espacio de búsqueda sea amplio es la consideración de los alumnos, maestros y recursos físicos de la institución.

Al tomar en cuenta todo lo anterior se ve la dificultad que todos ellos presentan cada inicio de semestre, no satisfaciendo en su totalidad dichas necesidades ya que no se cuenta todavía con un algoritmo eficiente para la Asignación de Cargas Académicas (ACA).

7.6. Descripción del proceso de selección natural

Se tiene una población la cual se multiplica por el cambio de genes, de la nueva generación sobreviven los más capacitados para adaptarse a su medio ambiente y as__ mejorar la población anterior. Este ciclo se repite a través del tiempo, existiendo la posibilidad de que la población mute y produzca un estancamiento en la población.

Considerando los conceptos fundamentales de la teoría de evolución propuesta por Darwin, John Holland sostuvo que la evolución es una forma de adaptación más potente que el simple aprendizaje, y decidió aplicar esos conceptos en el desarrollo de algoritmos adaptables. De esta manera, propuso el diseño de los AGs con dos objetivos principales. El primero de los objetivos mencionados se refiere a imitar los procesos adaptativos de los sistemas naturales, y el segundo objetivo hace referencia a diseñar sistemas artificiales con la robustez de los sistemas naturales.

De esta manera, un AG desarrolla un proceso de búsqueda y optimización en base a operadores que imitan las operaciones genéticas de selección, recombinación, y mutación. Mediante un AG, es posible explorar el espacio conformado por todas las soluciones válidas de un problema con el objetivo de hallar las mejores soluciones a este último [8].

Figura 4. Componentes internos del cromosoma

Figura 4. Componentes internos del cromosoma

Figura 4. Componentes internos del cromosoma

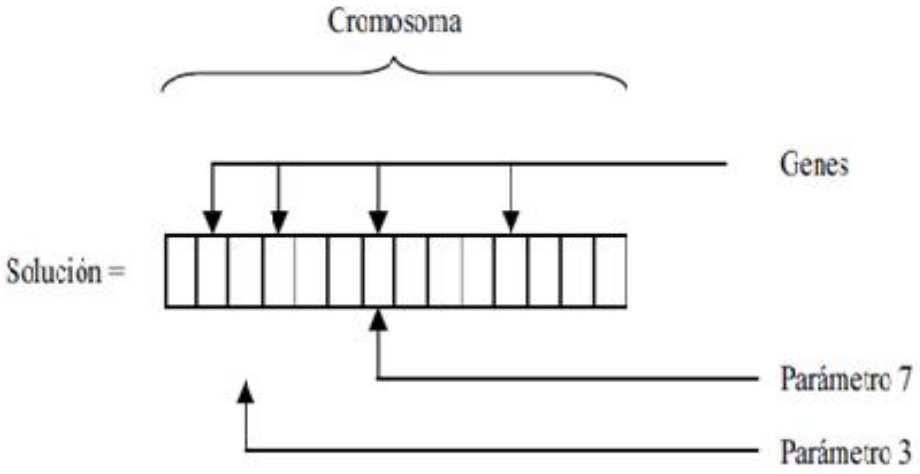


Figura 4. Componentes internos del cromosoma

Un AG requiere que cada solución, perteneciente a una población de soluciones, sea representada mediante una estructura que imite a la estructura de un cromosoma. Un cromosoma es, básicamente, una secuencia de genes en la cual cada gen puede tomar uno de varios valores posibles

.

De esta manera, una solución es representada o codificada como una secuencia de genes. Específicamente, cada parámetro de una solución es representado o codificado por un gen [8].

7.7. Población inicial

La población inicial consiste de un grupo de cromosomas que representan a posibles soluciones del problema que está siendo considerado. Un AG evoluciona esta población inicial hasta encontrar las mejores soluciones posibles al problema. De esta manera, las características de la población inicial tendrían anuencia sobre el desempeño del AG. En particular, el tamaño y el nivel de diversidad genética de la población inicial determinan cuán bien esta población representa al espacio completo de posibles soluciones.

Generalmente, la población inicial es generada de manera aleatoria procurando un buen nivel de diversidad genética entre los cromosomas [8].

7.8. Función de evaluación o “fitness"

La función de fitness se encarga de evaluar la calidad de la solución representada por un cromosoma y de asignarle un puntaje o valor de fitness en función de su calidad. La calidad de una solución se refiere a cuán buena es esta Última para resolver el problema que se está tratando [8].

Existen varias técnicas que permiten procesar los valores de fitness de una población, a estas técnicas se las denomina técnicas de fitness. A continuación, se presentarían las Técnicas de fitness más reconocidas. Windowing: esta técnica selecciona el valor de fitness más bajo de la población (FMB) y, posteriormente, asigna a cada cromosoma c un nuevo valor de fitness (FN(c)) definido por la ecuación (1). De esta manera, el nuevo valor de fitness de un cromosoma c representa a la cantidad en que su fitness anterior excede del mínimo fitness de la población.

FN(c) = FAnterior(c)FMB

Normalización Lineal: el primer paso de esta técnica consiste en ordenar los cromosomas por orden decreciente de valor de fitness , de forma tal que cada cromosoma c adquiere una posición pos(c) en esta lista ordenada. Luego, se asigna a cada cromosoma c un nuevo valor de fitness FN(c) mostrada en la ecuación 2. De esta manera, los nuevos valores de fitness comienzan en un valor constante y decrecen linealmente. El valor constante utilizado y el decremento son parámetros de esta técnica. El primer parámetro mencionado debería corresponderse con un valor entero superior a la cantidad de cromosomas en la población por el decremento. En caso de que esto no se cumpla podrían obtenerse nuevos valores de fitness negativos. El decremento debería ser un valor entero mayor a cero.

FN(c) = V alorConstante(Decremento _ pos(c))

7.9. Selección

El proceso de selección se encarga de elegir parejas de cromosomas, o soluciones, de la población actual que se transformarían en padres de nuevos cromosomas. Los nuevos cromosomas mencionados constituirían una nueva población [8].

7.10. Recombinación genética o “Crossover"

El proceso de recombinación genética o crossover consiste en el intercambio de material genético entre dos cromosomas con el objetivo de dar origen a nuevos cromosomas. Para aplicar el operador de crossover, es necesario seleccionar parejas de cromosomas de la población actual. Si los cromosomas tienen un buen nivel de fitness, entonces estarán constituidos por buenos bloques genéticos.

El crossover es el encargado de mezclar los buenos bloques que se encuentran en los diversos progenitores y que serán los que otorguen a los descendientes una buena puntuación. La presión selectiva, existente en la población, se encarga de que los buenos bloques se perpetúen y, mediante la sucesión de generaciones, vayan formando una buena solución [8].

8. Procedimiento y descripción de las actividades realizadas

8.1. Actividad 1: Realizar Revisión bibliográfica sobre el estado del arte:

Resumen: Identificar los últimos avances, fundamento teórico, metodologías a implementar, sobre los temas que abarcan los métodos de investigación, tecnologías.

Bibliografía revisada:

- *School time tabling using genetic search.Caldeira JP, Rosa AC. Instituto Lasseb ISR.*

  En el trabajo se discute la implementación de un algoritmo basado en genética que se utiliza para producir los horarios para una pequeña escuela. Una representación cromosómica específica del problema y el uso de un algoritmo de reparación, después de aplicar los operadores genéticos para evitar la búsqueda a través de horarios ilegales o no válidos. También se prueba el uso de diferentes funciones de aptitud, prueban el sistema con una implementación en lenguaje C, sin embargo no proporcionan código alguno.

- *A genetic algorithm to solve the time table problem.Alberto Colorni. Marco Dorigo. Vittorio Maniezzo.*

  Aquí se ve la implementación de un algoritmo genético dentro de una escuela italiana en la cual se quieren calendarizar los cursos de manera óptima. El problema específico está representado por:

  - Una lista de M profesores (de 20 a 24 en el caso de estudio)
  - Una lista de P clases involucradas (10).
  - Una lista de N horas para cada clase (30).
  - Algunas condiciones externas (por ejemplo las horas en que los profesores están involucrados en otras actividades académicas)

  En este trabajo se encontró un alfabeto que permite representar el problema como una matriz R donde cada fila corresponde a un profesor y cada columna a una hora entonces cada elemento de R representa un gen.

  El algoritmo descubierto fue implementado en lenguaje C y probado común conjunto de datos pertenecientes a una escuela de Milán. Los autores compararon su algoritmo con los métodos de recocido simulado y búsqueda tabú obteniendo buenos resultados frente al de recocido

simulado pero un resultado ligeramente menos bueno frente al de búsqueda tabú.

- *Algoritmos genéticos y meméticos,Virginia Daniela Yannibelli.*

  Reporte de investigación que hace énfasis en el método utilizado para resolver el problema de horarios. Abarca temas importantes sobre, origen, definición, comportamiento, estructura y componentes principales de los algoritmos genéticos. También muestra la aplicación que tiene dicha técnica como método de resolución de problemas complicados en la vida real.

- *A survey of automatedtimetabling.A Schaerf.*

  Hace énfasis en la formulación matemática del problema específico de horarios y en sus diferentes variantes, explica las clasificaciones y tipos de problemas de horarios, introduce de manera gradual a la formulación matemática, agregando de manera paulatina y explicada el problema polinómico simplificado que representa, para después poder llegar a la formulación como problema de optimización.

8.2. Actividad 2: Analizar y revisión del problema específico de la institución en donde se aplicará el software:

Resumen: Identificar las relaciones y elementos del sistema completo, variables (maestros, materias, periodos diarios, aulas, horas por profesor), restricciones, etc.

Revisión de las variables involucradas:

Nombre de la institución: Escuela Secundaria Licenciado Adolfo López Mateos.

Turnos: Vespertino – Matutino.

Claves: ES374-4 Y C.T. 07DES0004F.

Número de profesores: 45.

Número de aulas: Suficientes (No se incluirán como variables en el problema)

Periodos: 35 periodos por semana.

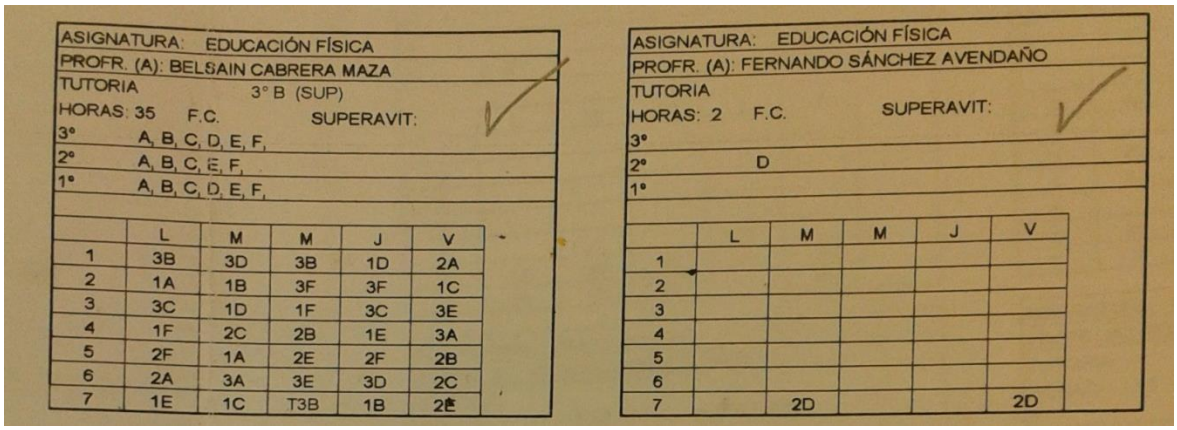
Horas por turno: 7 horas de una duración de 50 minutos cada una.

Grupos: 18 grupos divididos en 3 grados de 6 grupos cada uno (1er, 2º y 3er año).

Numero de materias por grupo: 10 materias incluye taller.

Hora de receso: Despreciable para el problema.

Ejemplo horarios hechos de forma manual:



ASIGNATURA: EDUCACIÓN FÍSICA
PROFR. (A): BELSAIN CABRERA MAZA
TUTORIA 3° B (SUP)
HORAS: 35 F.C. SUPERAVIT:
3° A, B, C, D, E, F,
2° A, B, C, E, F,
1° A, B, C, D, E, F,

	L	M	M	J	V
1	3B	3D	3B	1D	2A
2	1A	1B	3F	3F	1C
3	3C	1D	1F	3C	3E
4	1F	2C	2B	1E	3A
5	2F	1A	2E	2F	2B
6	2A	3A	3E	3D	2C
7	1E	1C	T3B	1B	2E

ASIGNATURA: EDUCACIÓN FÍSICA
PROFR. (A): FERNANDO SÁNCHEZ AVENDAÑO
TUTORIA
HORAS: 2 F.C. SUPERAVIT:
3°
2° D
1°

	L	M	M	J	V
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7		2D			2D

Figura 5. Formatos que muestran los horarios de los profesores realizados de forma manual.

Restricciones: Se tomaran como restricciones las indisponibilidades individuales de cada profesor.

8.3. Actividad 3: *Analizar y seleccionar los elementos que se incluirán en el software de pruebas*: entrevista, modelado de casos de uso.

8.3.1. Entrevista:

Características de la persona a entrevistar.

1.- Encargado de hacer horarios.

2.- Puesto administrativo alto.

3.- Contacto con todos los involucrados.

4.- Disponibilidad de tiempo.

5.-Disposición a ser entrevistado (Trato amable)

Sección de preguntas.

1. ¿Quién es la persona encargada de hacer los horarios en esta institución?

Actualmente se encarga el profesor David Galindo García.

2.- ¿Quién es la persona que usara el software?

Depende del turno, en el turno de la tarde será El profesor Galindo en la mañana el subdirector y director de dicha institución.

3.- ¿Proporcionara el software un beneficio económico o de otra índole a la institución?

Solo beneficios en tiempo invertido lo que se traduce en satisfacción de los maestros y mejor desempeño de los mismos al proporcionarles un horario que se adecue a sus necesidades.

4.- ¿Existe otra fuente que pueda proporcionar información sobre la solución del problema?

No, solo contactos informales, y consejos de compañeros de trabajo.

5.- ¿Cuáles problemas debería atacar el software?

En primer lugar que no exista cruces, y que se satisfagan los pedidos de los profesores con más prioridad según el escalafón interno de la escuela.

6.- ¿Podría describir el ambiente en donde se utilizara el software?

Lo utilizaremos principalmente en nuestras Laptops. O en las computadoras de la dirección. Tiene Windows XP y algunas 7 además no pasan de los 2 gigas de RAM.

7.- ¿Le importarían mucho las cuestiones de desempeño del software (rapidez, velocidad de respuesta, etc.)?

Realmente no. Solo que por lo menos me lleve menos de la semana y media que me lleva hacer los horarios correspondientes.

8.- ¿Estaría dispuesto a obtener equipos de cómputo con un costo o costos altos?

Pues si fuera muy necesario y realmente resolviera el problema, si podría hacerse la gestión del equipo, se consulta con los directivos y se vería si es posible adquirirlo.

9.- ¿Es usted la única persona adecuada para contestar estas preguntas?

Sí, pero también el subdirector. Pero actualmente está muy ocupado.

10.- ¿Algo que quiera agregar?

Sí, me interesan mucho las restricciones de un conjunto de profesores pero no de todos, así que me imagino que eso hace que el problema sea más fácil, por el hecho de hacerlo con una computadora.

8.3.2. Análisis de lo obtenido en la entrevista

El entrevistado demuestra mucho interés en el proyecto, pero además no tiene una visión clara del coste del proyecto, tiene poca preparación en cómputo, maneja bien el tema de los horarios pero omite algunas explicaciones necesarias. También se observó que espera mucho del software en muy poco tiempo. No existen muchas restricciones en cuanto al equipo que se necesita pero si fuera necesario el estaría dispuesto a tratar de solventar la necesidad con tal de recibir una buena solución a su problema.

8.4. **Actividad 4: Determinar Escenarios.**

Uno de los requisitos del cliente principal es que el programa sea totalmente independiente de otro software (hojas de cálculo, visores de documentos, navegadores o sistemas web, plugins, etc.) por esto, se necesita que la aplicación. Esto debe tomarse en dentro de los escenarios para no repetir cosas y proporcionar incertidumbre.

- El profesor de inglés llega a la oficina del subdirector con un documento de queja en la mano, en el documento se encuentran especificando la fecha, nombre, descripción y nuevo horario a solicitar. El subdirector entra al sistema con su usuario y clave, se dirige al apartado contratos e ingresa los datos dados por el profesor.
- Existen 45 profesores laborando en la escuela actualmente, el subdirector necesita dar de alta a un nuevo profesor que cubrirá un nuevo taller. El subdirector entra al sistema se dirige al apartado

profesores y selecciona el botón nuevo. De inmediato sale una ventana pidiendo los datos personales y laborales del profesor en cuestión.

- La profesora María Guadalupe Ruvalcaba tiene 29 años dando clases de química, el subdirector hace un trámite para la jubilación de la profesora y desea que su contrato sea descartado por completo del próximo horario anual, pero no sus datos laborales y personales deben permanecer.
- Entran a la oficina los profesores Belzain Cabrera Maza y Julia Hernández Gómez discutiendo sobre el horario que se les proporciono. Ellos quieren cambiar de grupo pero quieren los grupos ocupado por otros profesores. El subdirector llama a los otros afectados y después de un acuerdo, ellos deciden cambiar de grupos pero no de horario. El subdirector entra al sistema, módica los contratos de los profesores en sus grupos asignados, se dirige a la sección generar horario, activa la opción mantener horario y genera un nuevo horario con los grupos que ellos solicitaron.
- El subdirector llega a su oficina y tiene que hacer un cambio en el horario de receso entra al sistema y se dirige al apartado restricciones principales, pone en marcha la generación y esta se tarda una hora en responder. Al final esta muestra un mensaje de error.
- Llega un documento de la Secretaria de Educación Pública en el cual se especifica que para el siguiente ciclo escolar solo se recibirán 4 grupos en el turno vespertino, los cuales serán G, H, I, J respectivamente. El subdirector ingresa al sistema para hacer los cambios pertinentes.
- El subdirector se encuentra ausente, dejando de encargada de los horarios a su secretaria, la cual olvidó la clave de acceso, no puede comunicarse con el subdirector pero si con el desarrollador.
- El subdirector se encuentra tomando una taza de café mientras toma las fotografías de perfil para cada profesor, de pronto se origina un sismo y la taza de café cae encima de la cámara, la señal se pierde y el programa se atora.

  La profesora de Física entra a la oficina del subdirector se coloca en posición para que le tomen la foto de per l pero la cámara se mueve entonces el subdirector tiene que volver a tomar una nueva y volver a añadirla a sus datos.
- El profesor David Galindo necesita un nuevo horario impreso, se dirige a la o cina del subdirector, solicita su horario y al mandar a imprimir el subdirector se da cuenta de que la impresora esta desconectada, al conectarla, la con el software abierto este se bloquea por cinco minutos y después se cierra.
- Un profesor llega a la oficina del subdirector pide ver su contrato y después se retira de la o cina.

- El subdirector escribe una carta al director pidiendo su renuncia dos días antes de que el software le sea entregado.
- El subdirector entra al sistema con su usuario y contraseña pero se da cuenta de al abrir una pestaña del programa se abre una página de su navegador.
- Cuando el profesor actualiza su sistema operativo también actualiza sus programas. Por esto actualiza el software de cámara pero al probarla con un perfil ficticio no funciona.
- Cuatro profesores de los niveles más altos del escalafón están por jubilarse, pero necesitan que sus grupos sean ocupados por otros profesores durante un tiempo mientras están haciendo su documentación. Se dirigen a la oficina del subdirector y hacen la petición.
- El subdirector necesita imprimir varios horarios en una hoja para poder ahorrar papel, por cuestiones de fondos.
- El subdirector desconfía de su personal y decide cambiar su usuario y contraseña, se dirige al apartado cuenta-administrador y hacer los cambios pertinentes.
- Existe una sociedad de padres de familia, en una de las juntas se hizo la petición de cambiar el horario para que determinados alumnos salieran más temprano de clases por vivir más lejos, esto solo aplica para el turno vespertino. El subdirector necesita solventar este problema.
- El subdirector entra a su oficina y su computadora personal está encendida, enseguida revisa si no faltan algunos de sus documentos digitales importantes, entre ellos los de los horarios.
- El subdirector borra por accidente el respaldo de su computadora de sus horarios todavía inconclusos.

8.4.1. Casos de uso

Esta es el caso de uso referente a la actividad que realiza el encargado de hacer horarios, que es el de ingresar los datos, estos datos son los que pertenecen a los profesores (horas por materia, materia, disponibilidad), y el de los grupos (número de grupos, materias, horas por materia, numero de sesiones en el día).

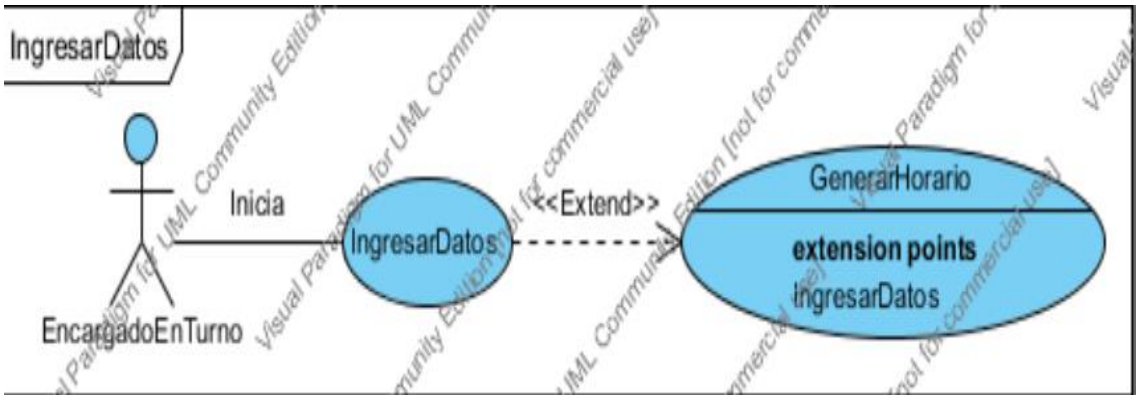


Figura 6. Diagrama de caso de uso para el modulo ingresar datos.

Este caso de uso regencia a la actividad de generar los horarios hecho por el sistema, pero invocado por el encargado de la institución de realizarlo.

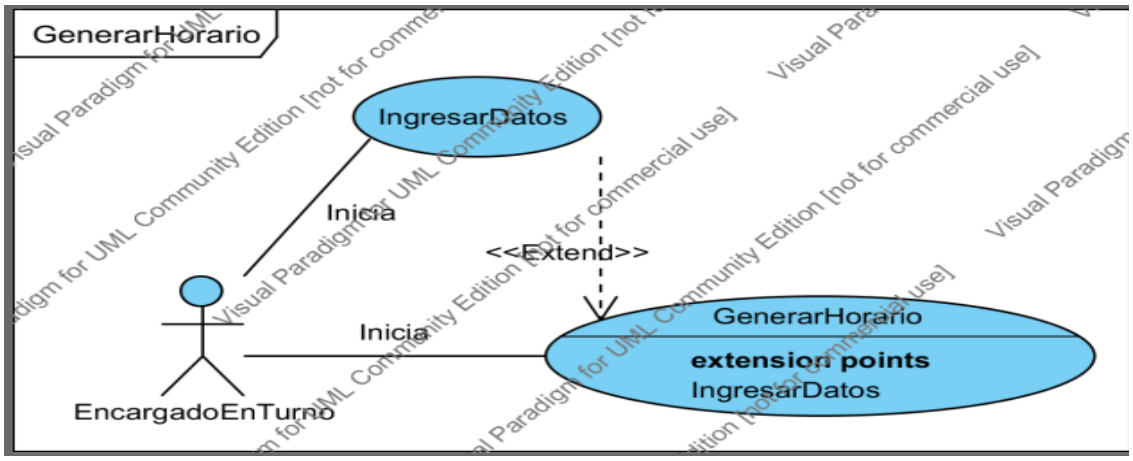


Figura 7. Diagrama de caso de uso para el modulo Generar horario.

El usuario también puede editar la información ya ingresada al sistema. El siguiente caso de uso lo detalla.

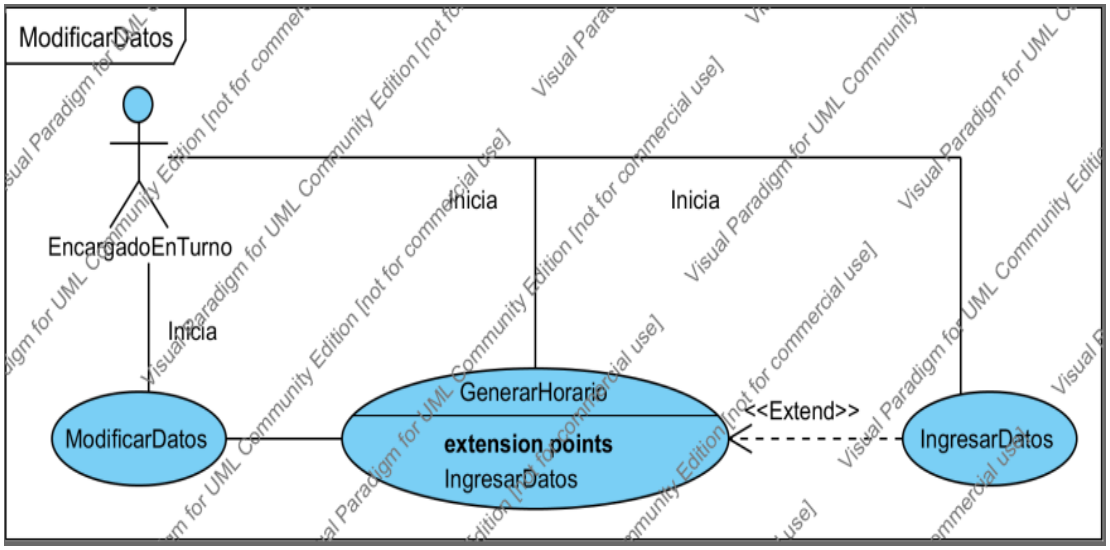


Figura 8. Diagrama de caso de uso para el modulo Modificar datos.

Visualización de los datos. Aunque el algoritmo trabaja con una codificación difícil de entender de primas a primeras, el sistema hace una decodificación y lo muestra de forma entendible al usuario.

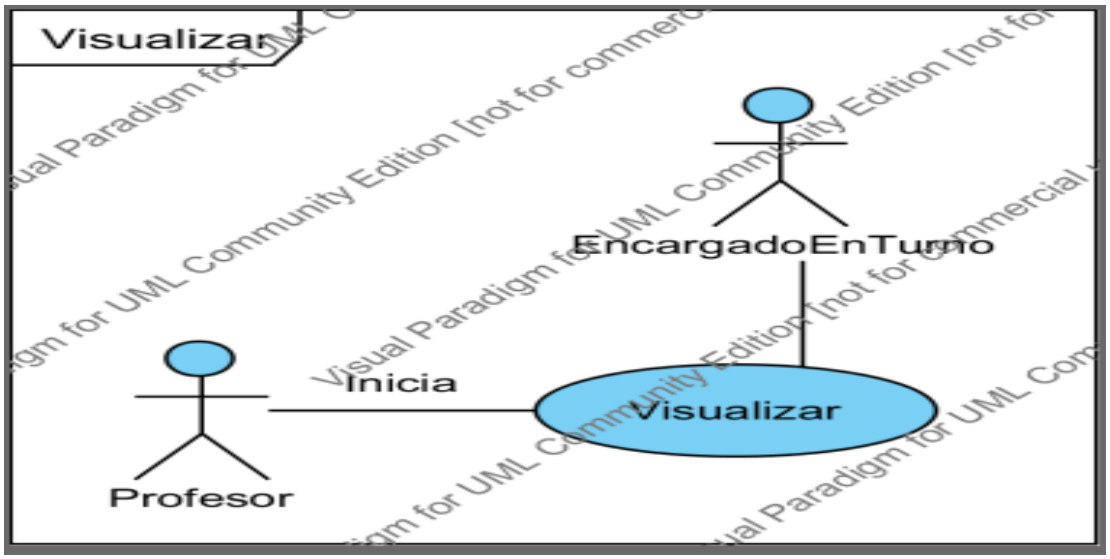


Figura 9. Diagrama de caso de uso para el modulo ingresar datos Visualizar.

8.4.2. Plantillas de casos de uso.

Nombre del caso de uso	IngresarDatos
Actor participante	Iniciado por EncargadoEnTurno
Condición de inicio	1.- El EncargadoEnTurno activa la función "Materias" o "Clases" o "Profesores" en el software después de haberse autentificado.
Flujo de eventos	2.- GAHEBAG muestra un formulario. 3.- El EncargadoEnTurno llena el formulario proporcionando el nombre del campo ya sea profesor, materia o clase y el tiempo libre así como una abreviatura. Después de llenado el formulario se da click en aceptar. 4.- Aparece un mensaje con el mensaje "Modificación guardada con éxito"
Condición de salida	5.- El Encargado en turno da click en aceptar.

Nombre del caso de uso	GenerarHorario
Actor participante	Iniciado por EncargadoEnTurno
Condición de inicio	1.- El EncargadoEnTurno activa la función "Generar Horario" en el software después de haberse autentificado.
Flujo de eventos	3.- El EncargadoEnTurno modifica los parámetros de generación según sus criterios. Criterios que se traducen como condiciones para el algoritmo de generación(Restricciones) 4.- Elige la modalidad(Complejidad y tiempo) 5.- Elige Aceptar en el botón.
Condición de salida	6.- El horario general aparece en pantalla.

Nombre del caso de uso	ModificarDatos
Actor participante	Iniciado por EncargadoEnTurno
Condición de inicio	1.- El EncargadoEnTurno activa la función "Materias" o "Clases" o "Profesores" en el software después de haberse autentificado.
Flujo de eventos	2.- GAHEBAG muestra un formulario. 3.- El EncargadoEnTurno modifica los datos como tiempo libre y las restricciones de cada componente da click en aceptar. 4.- Se muestra un mensaje de confirmación de modificación.
Condición de salida	5.- El EncargadoEnTurno da click en aceptar.

Nombre del caso de uso	Visualizar
Actor participante	Iniciado por EncargadoEnTurno se comunica con Profesor
Condición de inicio	1.- El EncargadoEnTurno ingresa al programa.
Flujo de eventos	2.- El EncargadoEnTurno va al menú elige la opción buscar por nombre, ingresa el nombre-aceptar. 3.- El programa muestra en pantalla el horario del profesor en cuestión. 4.- El profesor visualiza y después se retira.
Condición de salida	6.- El EncargadoEnTurno cierra el programa.

8.4.3. Funciones del software.

- Profesores
  (a) Especificar profesores.
    (i) Crear un nuevo profesor.
    (ii) Editar un profesor existente.
    (iii) Borrar un profesor existente.
    (iv) Especificar el contrato del profesor.
      1. Dar de alta una materia en el contrato.
      2. Editar materias existentes en el contrato.
      3. Borrar materias en el contrato.
      4. Visualizar materias del contrato.
    (v) Visualizar datos de los profesores.
- Materias
      1. Especificar Materias.
        i. Crear una nueva materia.
        ii. Editar una materia existente.
        iii. Borrar una materia existente.
        iv. Visualizar datos de las materias.
- Grupos
        a) Especificar Materias.
          a. Crear un nuevo grupo.
          b. Editar un grupo existente.
          c. Borrar un grupo existente.
          d. Visualizar datos de los grupos.

- Generar
  a) Especificar Generación del horario.
    (i) Parámetros de generación.
    (ii) Generación sin parámetros.

- Condiciones
  1. Especificar condiciones del horario.
- Imprimir
  (a) Especificar condiciones de impresión.
    (i) Imprimir horario por grupo.
    (ii) Imprimir horario por profesor.
    (iii) Imprimir horario completo.

- Pantalla principal

  1. Visualizar datos profesor.

2. Visualizar horario profesor.

8.5. Actividad 5: *Búsqueda y desarrollo del método de codificación:*

Resumen: Representación adecuada para el proceso en una computadora, en este caso utilizando el sistema binario en código gray, para modelar el cromosoma en una estructura adecuada, el cual representa la posible solución del problema.

La presentación de un horario escolar puede ser de diferentes formas, nosotros adoptamos una muy común para los que están relacionados con este tema, este se muestra en la Figura 10.

Hora	Lun	Mar	Mier	Juev	Vier
1	0	7	14	21	28
2	1	8	15	22	29
3	2	9	16	23	30
4	3	10	17	24	31
5	4	11	18	25	32
6	5	12	19	26	33
7	6	13	20	27	34

Figura 10. Muestra el rango de valores para cada lección en el horario del profesor.

La representación del cromosoma es de manera que pueda representar todas las variables necesarias para el ordenamiento de un horario escolar, y llegamos a Figura 11.

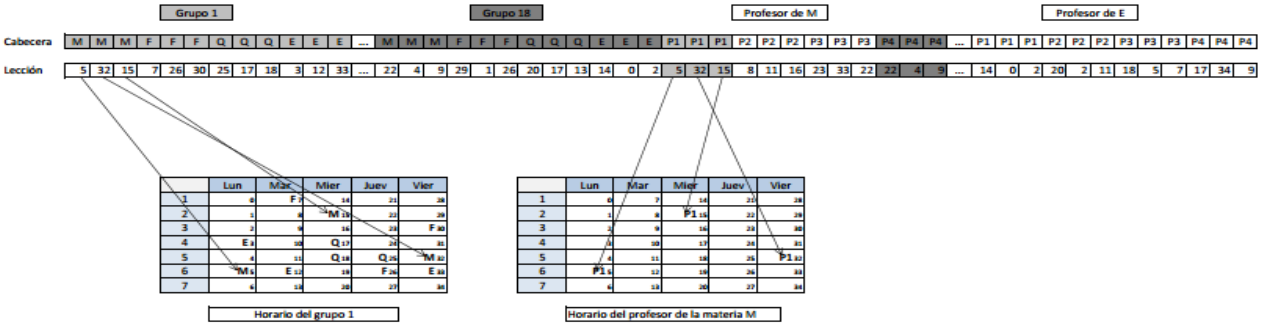


Figura 11. Representación cromosómica, en donde se representa la relación entre el horario del profesor por lección y su respectiva matriz de materias.

El cromosoma está constituido por genes, que en función de su posición, contienen datos relativos al intervalo de tiempo asociado a cada lección en la clase y horarios de los profesores. Como se ve en la figura 2, el intervalo de tiempo se duplica en los dos genes que representan una cierta lección del par (grupo-profesor). Uno en el horario del grupo y el otro en el horario del profesor. El número de genes de cada cromosoma es, por lo tanto, dos veces el número total de lecciones de todos los grupos, para así poder obtener al profesor que imparte una materia a cierto grupo.

La cabecera almacena toda la información común a todos los cromosomas, es decir, la información en cuanto a donde se encuentran los genes, en cada cromosoma, que representan las lecciones de una determinada materia que se enseña a un grupo determinado.

Esta representación cromosómica fue elegida debido a que permite una eficiente inicialización (dado que se utilizar ´ a el lenguaje C y una programación estructurada) y reparación del cromosoma. Observando la Figura 2, podemos ver que cuando cualquiera de los genes correspondientes de cualquier par de cromosomas se intercambia por algún otro valor (por un operador de cruce o mutación), los cromosomas resultantes automáticamente satisfacen las restricciones relativas a la lección requerida y sus números para cada par (grupo, profesor). Sin embargo, un horario es válido solo después de que los choques resultantes posibles han sido corregidos por la función de reparación propuesta más adelante.

8.6. Actividad 6: *Reconocer las restricciones duras y blandas del problema*

Resumen: Este paso es sumamente importante, puesto que es en este paso en donde se toman en cuanta cada una de las restricciones, tanto de los grupos (materias, numero de materias, número de grupos, número de horas por materia de cada grado, número de horas por materia de cada grupo) y las restricciones de los maestros (horas disponibles por los maestros, materias que imparten, número de horas por materia que imparten).

Precisamente planteamos las restricciones duras de la siguiente manera:

Un horario es factible si y solo si las siguientes restricciones duras son satisfechas:

- Cada lección se programa para exactamente un período.
- No hay choques en absoluto: Ni un grupo ni unos profesores asignados a más de una lección en el mismo periodo.
- Las indisponibilidades de los profesores son consideradas.

Además de las condiciones anteriores, los buenos horarios satisfacen tanto como sea posible muchas de las siguientes restricciones suaves, tales como:

- Continuidad de clases - A estudiantes y profesores no les gusta los horarios con huecos entre lecciones.
- El número de lecciones por día para el profesor o la clase no puede exceder el límite especificado.
- Las lecciones de la misma materia deben ser distribuidas uniformemente a lo largo de la semana, es decir tres lecciones de matemáticas seguidas no son una buena opción.
- En la medida de lo posible, las clases deben tener lecciones ya sea en la mañana o ya sea en la tarde (Dependiendo del tipo de materia y la disponibilidad del profesor).
- Los grupos y maestros prefieren tener más lecciones en algunos días, con el fin de tener un día sin clases (día libre, o en su defecto especificar su propio horario factible en el caso de los profesores).

8.7. Actividad 7: *Determinar inicialización de los parámetros*

Resumen: El algoritmo genético comienza comprobando un número de condiciones necesarias para que el horario factible llegue a existir. El procedimiento de inicialización crea al azar una población de soluciones factibles (soluciones que satisfacen todas las restricciones duras).

Para determinar que periodos deberían ser asignados a las N_i lecciones de la materia S_i impartida al grupo G_i se aplica el siguiente procedimiento de inicialización.

- Calcular el conjunto P_I de periodos comunes entre el conjunto de periodos libres del grupo (conjunto PG) y el conjunto de periodos libres del profesor (conjunto PP).

  PI = PG \ PP

- Seleccionar aleatoriamente un número entre cero y el número total de periodos (35) para cada materia de cada grupo.
- Asignar el mismo valor a cada profesor de la materia impartida por cada grupo.

8.8. Actividad 8: *Búsqueda de la función objetivo*

Resumen: Adaptación del problema de horarios a la técnica de algoritmos genéticos. Estructurar la función que evalué la posible solución del problema, así para miembro de la población del algoritmo genético.

La función objetivo es la función que determina que tan bueno o que tan malo es el cromosoma (la posible solución), pero para poder llegar a esto, necesitamos penalizar cada una de las violaciones a las restricciones que se requieren cumplir, tanto duras como blandas, así que a esto le llamamos función de costo.

8.8.1. Función de coste

La función de costo es una parte muy importante de cualquier algoritmo gen ético. Esta es responsable de determinar el valor de cada cromosoma, permitiéndonos distinguir lo bueno de lo malo y de esta manera poder guiar al algoritmo genético a mejores soluciones. La función de costo para el problema planteado tiene la forma:

$$Costo(Cromosoma) = \sum_{grupos} Costo(Horario) + profscala. \sum_{profesores} Costo(Horario),$$

$$profscale \in [0, 1]$$

Aunque los costos de los horarios de los grupos y profesores son determinados de la misma manera (por la función Costo(Horario)), generalmente es m ´ as importante que los grupos tengan buenos horarios, al contrario de los profesores. La ponderación *profscale* nos permite que los horarios de los grupos tengan mayor relevancia en el algoritmo genético.

La función Costo(Horario) está compuesta de la sumatoria de los valores de penalización impuestos por la violación de cada una de las restricciones suaves descritas actividades anteriores. Esto puede escribirse como:

$$Costo(Horario) = \sum_{j=1}^{ns} \sum_{i=1}^{dw} pnld^{nd_{ji}} + \sum_{i=1}^{dw} nld^{n_i} + phl.thl_h$$

Dónde:

ns= Número de materias.

dw = Días de la semana.

pnld = Ponderación del número de lecciones por día de una materia (20 por default).

nd_{ji}= Penalización del número de lecciones de la misma materia por día.

nld = Ponderación del número de lecciones por día(40 por default).

n_i= Número de lecciones en el día.

phl = Ponderación de horas libres.

thl= Total de horas libres entre horarios.

La primera sección de la función de costo del horario:

$$\sum_{j=1}^{ns} \sum_{i=1}^{dw} pnld^{nd_{ji}} -$$

Penaliza los horarios que tengan más de un ahora de cierta materia por día y por lo tanto ayuda a distribuir en toda la semana las horas respectivas de cada materia, para evitar que todas las lecciones se concentren en un solo día.

El valor por default para pnld es 20 y para este valor las penalizaciones son

nd_{ji}	Penalización
1	1
2	20
3	400
4	8000
5	160000

El valor por default permite la posibilidad de tener dos lecciones de la misma materia en el mismo día, pero hace difícil que se genere un horario con tres horas de la misma materia en el mismo día e imposible que sean cuatro horas. Estos resultados solo pueden lograrse mediante términos exponenciales.

La segunda sección penaliza un horario con más de 7 lecciones por día. Para el valor default 40 tenemos:

$$\sum_{i=1}^{dw} nld^{n_i} -$$

n_i	Penalización
5	aprox 0
6	0.025
7	1
8	40
9	1600

8.9. Actividad 9: *Análisis, elección y programación de los operadores de cruza y mutación*

Resumen: Proporcionarle al algoritmo maneras de salir de óptimos locales. Definiremos los operadores de cruza, mutación, y selección.

8.10. Actividad 10: *Análisis de la población inicial y métodos de generación*

Resumen: Para dar al algoritmo un punto de referencia para la búsqueda de soluciones requerimos definir el número concreto de población inicial, y la forma en la que se generaran los miembros de la población.

8.11. Actividad 11: *Decodificación*

Resumen: Para el correcto análisis de resultados requerimos pasar cada cromosoma, del decimal a un formato legible y entendible al ser humano. Esto lo logramos haciendo una “traducción” de lo que tiene el cromosoma e imprimir en un formato de horario escolar.

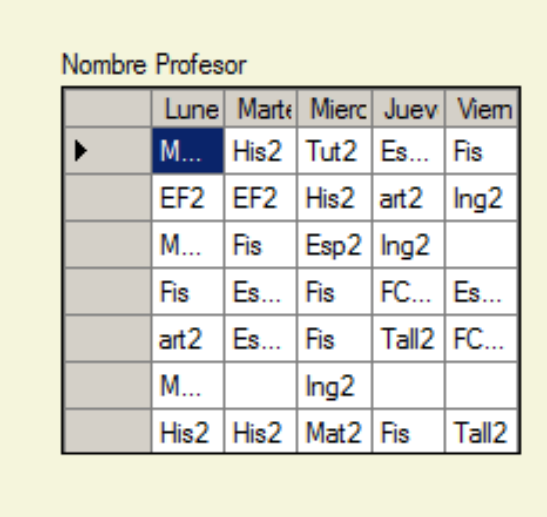
Los datos que maneja el algoritmo genético pueden ser expresados como se muestra en la Figura 12.

```
tmp=28   mov=27   r=17     [5][2]=117
tmp=28   mov=28   r=17     [5][3]=116
[0_0]    [117_0] [112_0] [111_0] [110_0]
[0_0]    [113_0] [111_0] [0_0]   [0_0]
[0_0]    [0_0]   [102_0] [108_0] [120_0]
[0_0]    [101_0] [0_0]   [0_0]   [101_0]
[0_0]    [0_0]   [0_0]   [102_0] [103_0]
[0_0]    [107_0] [121_0] [120_0] [0_0]
[0_0]    [109_0] [121_0] [0_0]   [109_0]

[123_0] [0_0]   [0_0]   [120_0] [102_0]
[110_0] [0_0]   [116_0] [0_0]   [100_0]
[104_0] [114_0] [106_0] [0_0]   [118_0]
[0_0]   [0_0]   [102_0] [103_0] [120_0]
[120_0] [105_0] [0_0]   [0_0]   [111_0]
[104_0] [0_0]   [0_0]   [113_0] [0_0]
[106_0] [0_0]   [109_0] [118_0] [114_0]
```

Figura 12. Tipos de datos que expresan el horario de manera conceptual.

Esto puede no ser entendible para un profesor o un alumno, así que la decodificación se puede observar en la Figura 13.


Nombre Profesor

	Lune	Marte	Mierc	Juev	Viem
▶	M...	His2	Tut2	Es...	Fis
	EF2	EF2	His2	art2	Ing2
	M...	Fis	Esp2	Ing2	
	Fis	Es...	Fis	FC...	Es...
	art2	Es...	Fis	Tall2	FC...
	M...		Ing2		
	His2	His2	Mat2	Fis	Tall2

Figura 13. Representación del horario para cada grupo.

8.12. Actividad 12: *Pruebas en caso real*

Resumen: Probar la aplicabilidad de la técnica con datos reales de la institución.

Para hacer esto tuvimos que solicitar todos los datos requeridos para el sistema a la institución. Se nos proporcionó los kardex de materias y los contratos de los profesores donde se especifican las restricciones de los profesores.

8.13. Actividad 13: *Integración de los elementos y técnicas en una herramienta de software*

Resumen: Hacer intuitivo de fácil manejo y aplicación de la técnica a un problema real.

Se utilizó una base de datos para el control de los datos usados en el algoritmo. La base de datos se implementó en Mysql.

El desarrollo de la interfaz se realizó en lenguaje C# bajo .NET utilizando la herramienta SarpDevelop (Gratuita). El algoritmo produjo los primeros horarios factibles con la implementación en consola muestra los siguientes resultados:

En donde los códigos superiores al 100 representan las materias asignadas a los periodos del tiempo.

La relación materia-lección-maestro se muestra en la siguiente imagen con los códigos respectivamente:

9. Resultados

Las navegación a través de la interfaz de la aplicación se lleva a cabo de manera estándar a través de botones para cada función que se necesita gestionar (ver Figura 14).

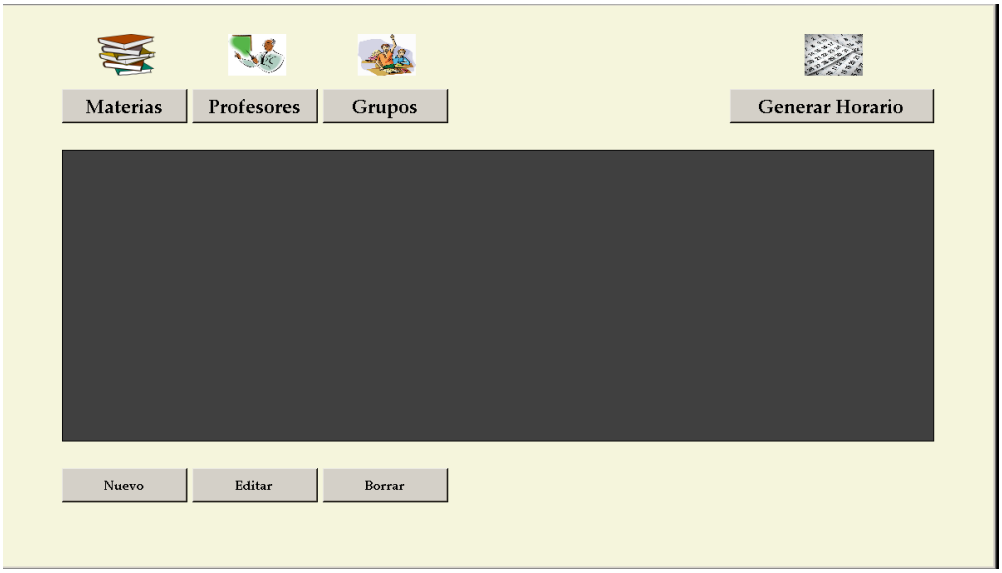


Figura 14. Muestra la pantalla principal y sus botones de navegación y operaciones.

Un nuevo parámetro se inserta tal y como se muestra en la Figura 15:

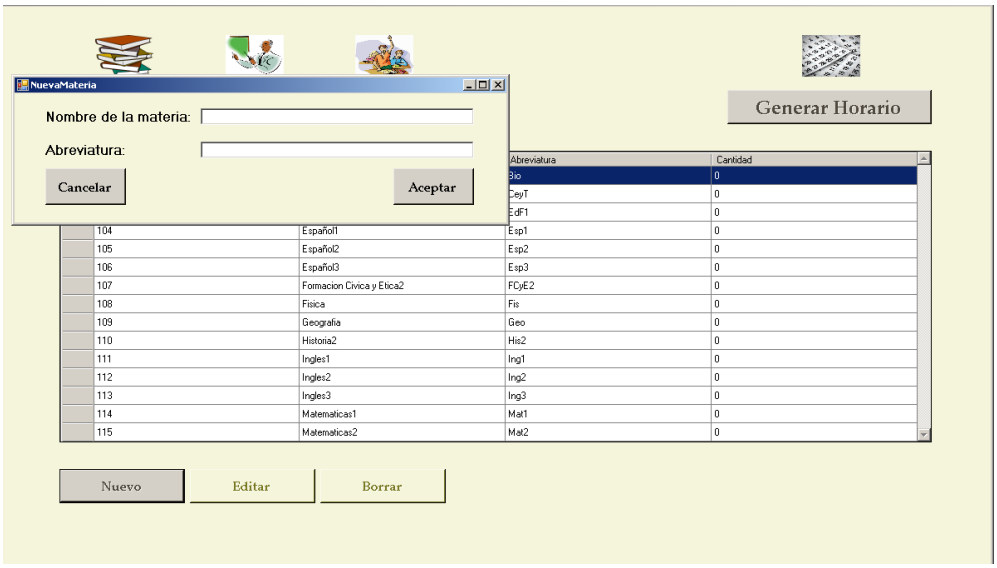


Figura 15. Parámetros de inserción para las entidades profesor o materia.

Para insertar parámetros de los grupos y profesores se sigue el mismo patrón de esta pantalla con la única diferencia de que cuando se guardan los datos en la base de datos, se almacenan en sus lugares correspondientes (ver Figura 16).

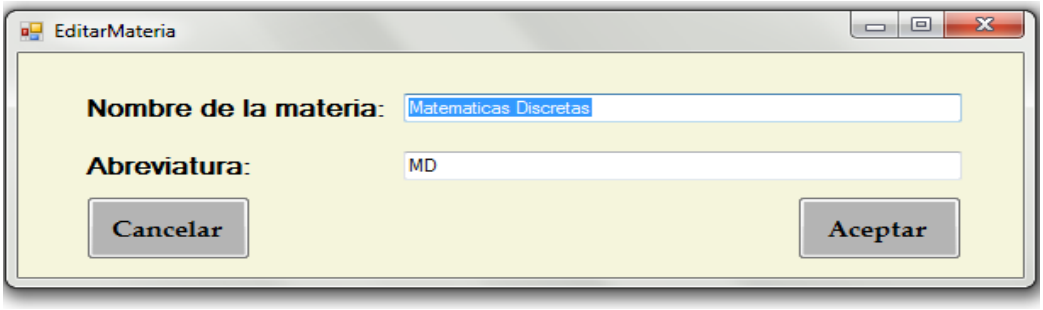


Figura 16. El formulario de edición obtiene solo datos relevantes para el profesor, y no incluye definiciones de código.

Formulario del contrato de los profesores(Ver Figura 17)

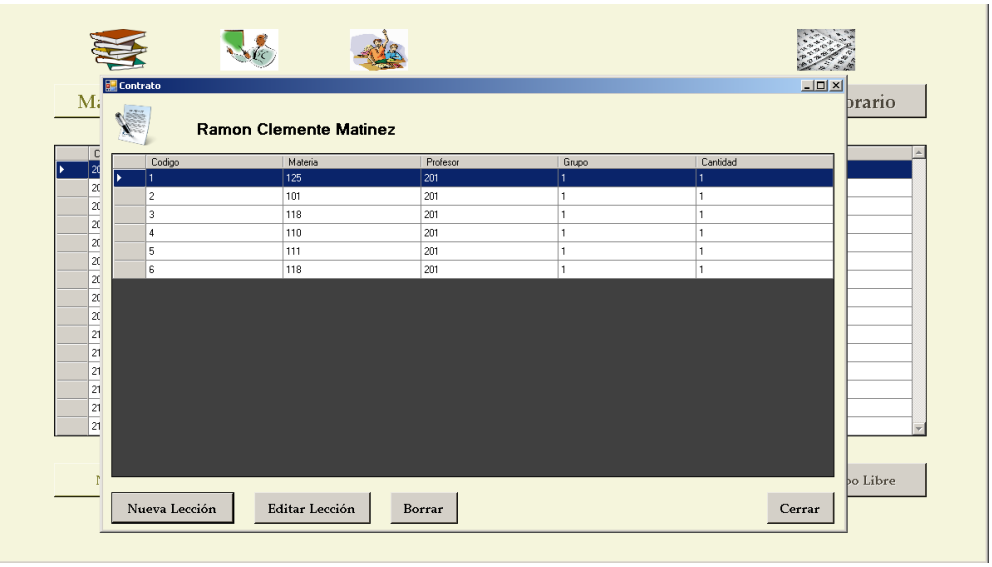


Figura 17. El formulario de Contrato es el núcleo de la relación maestro-profesor-grupo.

Manejo del tiempo libre del profesor (Ver Figura 18).

Figura 18. Se muestra el formulario para poder manipular los tiempo libres para cada profesor.

Editar Lección (Ver Figura 19).

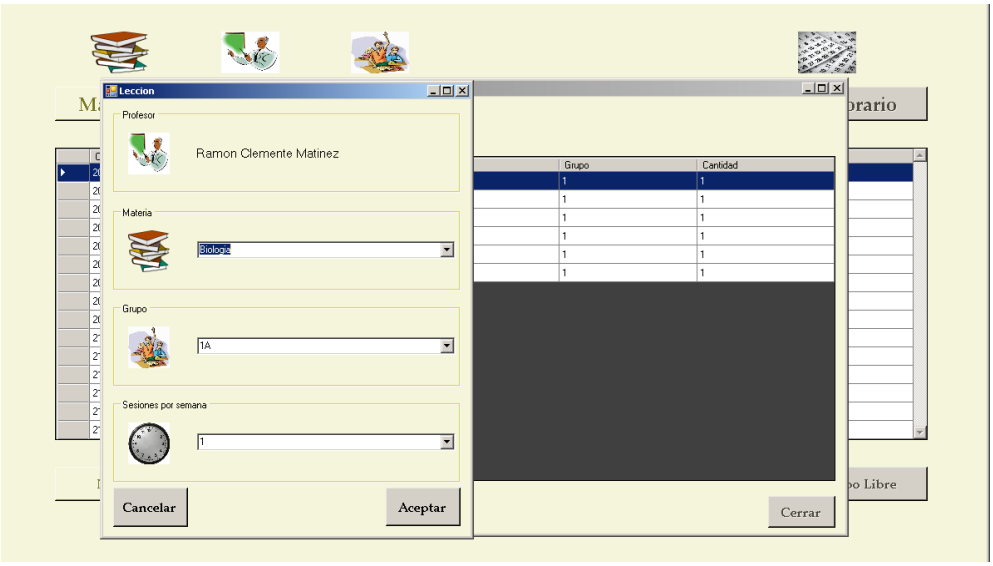
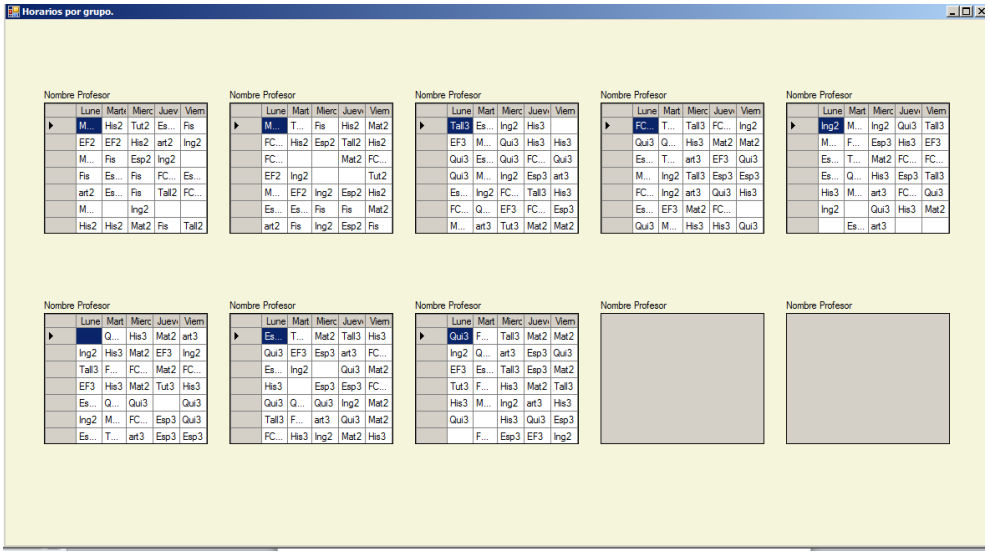
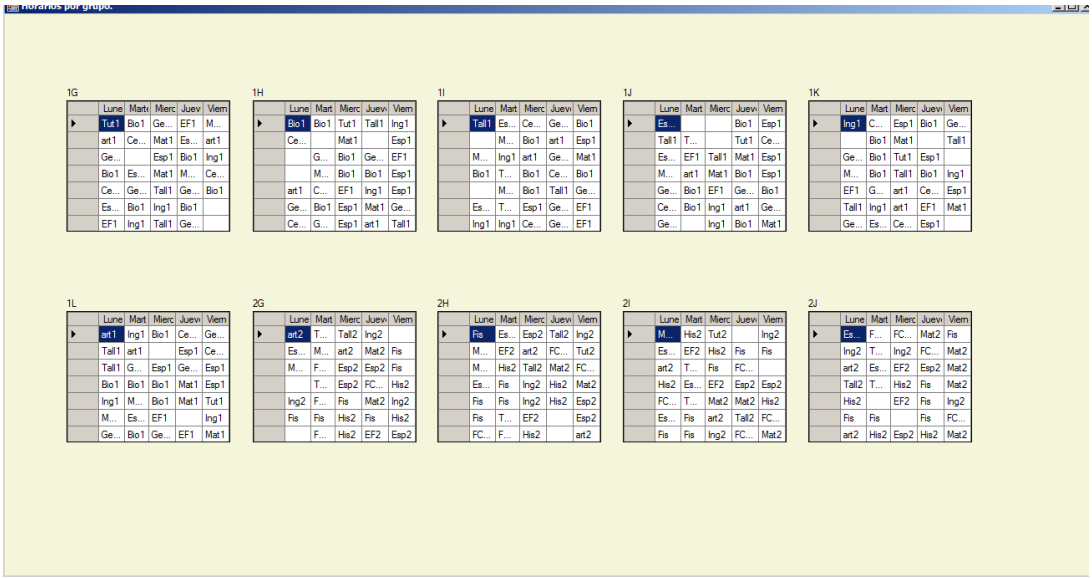


Figura 19. Este formulario solo envía datos de la materia y grupo, pero almacena el campo cantidad fuera de la vista del usuario.

9.1. Horarios resultantes:





10. Conclusión

Puesto que el problema de tametabling (Organización de horarios escolares) es un problema que contiene muchas variables, las cuales se pueden contar por miles, y su espacio de búsqueda de solución es de igual forma muy amplio, un algoritmo genético viene a ser un método muy eficiente para la solución de este problema.

Las complicaciones más duras se encuentran en la cantidad de restricciones que se toman en cuenta, restricciones de profesores, de grupo y de plan de estudio.

Los horarios que al final se generan están enfocados especialmente en la satisfacción de las restricciones de los profesores, puesto que son ellos que al final de cuenta requieren de tener una óptima organización de su tiempo.

La interfaz gráfica de usuario está diseñada para que sea lo más fácil de entender, y que la persona que ha de utilizar dicha herramienta pueda tener la facilidad de uso, de comprensión y de adaptación.

Para la generación de un horario que cumpla las restricciones basta con una vez la ejecución del programa, pero si éste no satisface los gustos particulares de quien lo utilice podrá generar los horarios tantas veces como desee para encontrar un horario que satisfaga el gusto.

Por último, el problema de tametabling es un problema real que muchas escuelas de los diferentes niveles educativos tienen, tener una herramienta que les facilite la tarea, les haga ahorrar tiempo y esfuerzo termina por ser una buena opción para utilizar.

11. Referencias

[1] R. Lewis. A survey of metaheuristics-based techniques for university time tabling problems. Mayo 29 del 2007.

[2] David A Coley. Introduction to Genetic Algorithms for Scientists and Engineers.University of Exeter.página 1-2.

[3] Eduardo Arturo Rodríguez Tello. Optimización Genética de ProblemasSAT. Tesis para obtener el grado de maestro en ciencias de la computación.

[4] Emanuel Téllez Enríquez. Uso de una Colonia de Hormigas para resolverProblemas de Programación de Horarios. Tesis para obtener el gradode maestro en ciencias de la computación.

[5] Melanie Michael. An Introduction To Genetic Algorithms. 1999. London Inglaterra. Páginas 1-6

[6]Comellas Francesc. Matemática Discreta. Ed.AlfaOmega. 2002. Páginas 20-21

[7] Kaufmann A. Introducción a la teoría de los subconjuntos borrosos. Editorial Continental, 1982.

[8] Virginia Daniela Yannibelli. Algoritmos genéticos y meméticos. Reporte de investigación. Marzo del 2007.

12. Anexos

Anexo 1. Formato que resume el contrato de los profesores.

Nombre del profesor	Horas de cada materia						Total
Ramón Clemente Martínez	2	110	2	120	1	130	5
Belsain Cabrera Maza	4	112					4
Edith Pascuala Serrano Corzo	5	106					5
Guillermo Martínez Maldonado	12	114					12
Martha Patricia Martínez Contreras	1	120	3	130			4
Manuel Pérez Gómez	5	125					5
María Guadalupe Ruvalcaba Ortiz	2	110	2	130			4
Israel Díaz Toledo	1	110					1
María Luisa Pérez Mendoza	12	115					12
Orbelin Hernández Hernández	12	101	2	111	1	120	15
María de Loreto Ramírez Sánchez	12	128					12
Amanda Gil Zarate	12	107					12
María del Carmen Tóala Álvarez	12	102					12
Saúl Zavala Hernández	5	108					5
María de los Reyes Sánchez Lozano	12	116					12
Rosa Maldonado Velazco	15	118					15
Araceli Cordero Estrada	6	114	24	128			30
Heldai Coutiño Pérez	18	114	12	102	1	110	33
Roque Javier Gómez Juárez	12	124	18	103			30
Raúl Ramón Palacios Torres	10	105					10
Octavio Saldaña Castillejos	8	121	8	111			16
Cruz Alberto García Lara	4	121	2	111			6
Carlos Escobar Espinoza	12	122	12	104			24
Evelia Del Socorro López Aguilar	10	123					10
David Galindo García	15	117	18	126			33
Merly Bolaños Meldrano	15	113	20	105			35
Noé Elí Moreno Montoya	10	118	25	108			35
Mario Alfaro Rosales	5	118	25	127			30
Leonardo Fabio Ruiz Vargas	8	112					8
Mariela Vidal López	6	107	3	117			9
Nora Elia Rosario Espinoza	10	113					10
José Luis Carreras Melchor	12	102					12
Jorge Armando Molina Pérez	10	106	20	125			30
Reineria Cruz Torres	12	115	12	124	4	125	28
Verónica Albores Hernández	5	113	20	123			25
Leonardo Hernán Alegría Gonzales	15	106	12	116			27

Anexo 2. Asignación de horas por materias de primer año.

	Materia	Horas
1o	Artes1	2
	Biología	6
	Chiapas Espacio Y Tiempo	3
	Educación Física 1	2
	Español 1	5
	Geografía	5
	Ingles 1	3
	Matemáticas 1	5
	Taller 1	3
	Tutoría 1	1

Anexo 3. Asignación de horas por materias de segundo año.

	Materia	Horas
2º	Artes2	2
	Educación Física 2	2
	Español 2	5
	Física	6
	Formación Cívica Y Ética 2	4
	Historia 2	4
	Ingles 2	3
	Matemáticas 2	5
	Taller 2	3
	Tutoría 2	1

Anexo 4. Asignación de horas por materia de tercer año.

	Materia	Horas
3o	Artes 3	2
	Educación Física 3	2
	Español 3	5
	Formación Cívica Y Ética 3	4
	Historia 3	4
	Ingles 3	3
	Matemáticas 3	5
	Química	6
	Taller 3	3
	Tutoría 3	1

Anexo 5. Relación del total de materias con sus respectivos códigos, los cuales son utilizados en el algoritmo genético.

Materia	Código
Artes1	101
Biología	102
Chiapas Espacio Y Tiempo	103
Educación Física 1	104
Español 1	105
Geografía	106
Ingles 1	107
Matemáticas 1	108
Taller1	109
Tutoría I	110
Artes2	111
Educación Física 2	112
Español 2	113
Física	114
Formación Cívica Y Ética 2	115
Historia 2	116
Ingles 2	117
Matemáticas 2	118
Taller 2	119
Tutoría 2	120
Artes 3	121
Educación Física 3	122
Español 3	123
Formación Cívica Y Ética 3	124
Historia 3	125
Ingles 3	126
Matemáticas 3	127
Química	128
Taller 3	129
Tutoría 3	130

Anexo 6. Tabla que muestra las pruebas realizadas con diferentes cantidades de probabilidad requeridas para correr el algoritmo genético.

Lista de pruebas con las probabilidades							
Prueba	Cruza	Mut	Mut xAl	Selección	ps	P0	Generaciones
1	0.5	0.1	0.2	0.99	0.5	100	10
2	0.85	0.25	0.45	0.99	0.5	50	200
3	0.85	0.2	0.3	0.99	0.5	100	300
4	0.8	0.2	0.5	0.8	0.5	200	500
5	0.6	0.5	0.7	0.7	0.5	300	600
6	0.6	0.5	0.7	0.7	0.5	300	600
7	0.3	0.5	0.3	0.9	0.5	1000	1000
8	0.85	0.25	0.45	0.99	0.5	1000	1000
9	0.85	0.2	0.3	0.99	0.5	1000	1500
10	0.85	0.2	0.3	0.99	0.5	500	5000
11	0.85	0.2	0.3	0.99	0.5	900	1000
12	0.85	0.2	0.3	0.99	0.5	1000	1500
13	0.6	0.6	0.7	0.8	0.5	500	10000
14	0.4	0.9	0.7	0.9	0.5	15000	10000
15	0.4	0.9	0.7	0.9	0.5	10000	50000
16	0.85	0.2	0.3	0.99	0.5	15000	10000

NOTA: Tan solo se muestran las pruebas más relevantes para el caso de estudio, se hicieron más de 50 pruebas documentadas.

Anexo 7. Resultados de las pruebas realizadas con los datos mostrados en el anexo anterior.

Mejores cromosomas de las primeras diez generaciones y la ultima de cada prueba							
Generación	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 4	Prueba 5	Prueba 6	Prueba 7
1	869456.731	413374.173	869456.7308	826748.3463	2042905.106	15173274.02	8432917.532
2	2042905.11	826748.346	2042905.106	1383389.517	7694837.97	22490894.86	869456.7308
3	7694837.97	1383389.52	7694837.97	1940030.688	11939031.07	26580763.15	2042905.106
4	11939031.1	1940030.69	11939031.07	2496671.859	15173274.02	869456.7308	413374.1732
5	15173274	2496671.86	15173274.02	8432917.532	22490894.86	2042905.106	826748.3463
6	22490894.9	8432917.53	22490894.86	869456.7308	413374.1732	11939031.07	1940030.688
7	26580763.1	12675648.3	26580763.15	2042905.106	826748.3463	17613274.02	2497534.859
8	30670631.4	13718779.1	30670631.44	7694837.97	1383389.517	7694837.97	1383389.517
9	49365406.1	17792844.6	49365406.1	11939031.07	1940030.688	11939031.07	1940030.688
10	52922055.5	21392253.2	52922055.49	15173274.02	2496671.859	73522055.49	21392253.25
Ultima	2.5567E+11	2.6937E+11	2.55668E+11	12153264.02	3404512.859	2.55661E+13	5.62413E+11

NOTA: Los resultados mostrados son el valor de costo del mejor cromosoma (posible solución) en las primeras diez generaciones y de la última generación.

Anexo 8. Continuación de la tabla del anexo anterior.

Mejores cromosomas de las primeras diez generaciones y la ultima de cada prueba							
Generación	Prueba 8	Prueba 9	Prueba 10	Prueba 11	Prueba 12	Prueba 13	Prueba 14
1	826748.346	2042905.11	869456.7308	98126691454	75142382010	413374.1732	8.77E+04
2	1383389.52	7694837.97	2042905.106	1.85142E+11	9.61423E+11	826748.3463	6.73275E+14
3	1940030.69	11939031.1	7694837.97	22508027162	7.06861E+11	1383389.517	3.27492E+12
4	2496671.86	15173274	11939031.07	2797218716	1.57075E+12	1940030.688	1.51733E+16
5	8432917.53	22490894.9	1.51733E+16	3.33563E+12	16594144.13	2496671.859	2042923105
6	869456.731	413374.173	8.72436E+16	3713980214	1748075912	1.51871E+22	8.76521E+12
7	2042905.11	826748.346	1.73275E+12	5702074.216	18367374.61	7.6152E+13	2496671.859
8	7694837.97	1383389.52	1.51733E+16	6232998.002	22453977.85	8.61422E+14	30.68785002
9	11939031.1	1940030.69	2042923105	13415416.19	23348980.04	1.51733E+16	98762439.52
10	15173274	2496671.86	5.72204E+12	17578994.51	24718051.29	9.87633E+16	8698715238
Ultima	235353264	761423513	1.51733E+16	6232998.002	84010.26604	9.78673E+17	87152423374

Anexo 9. Relación Maestro-Código. Esta relación es la que asigna a cada profesor un código, el cual será utilizado internamente por el algoritmo genético. Un ejemplo de lo anteriormente dicho:

No	Nombre del profesor	Código
1	Ramón Clemente Martínez	201
2	Belsain Cabrera Maza	202
3	Edith Pascuala Serrano Corzo	203
4	Guillermo Martínez Maldonado	204
5	Martha Patricia Martínez Contreras	205
6	Manuel Pérez Gómez	206
7	María Guadalupe Rubalcaba Ortiz	207
8	Israel Díaz Toledo	208
9	María Luisa Pérez Mendoza	209
10	Orbelin Hernández Hernández	210
11	María de Loreto Ramírez Sánchez	211
12	Amanda Gil Zarate	212
13	María del Carmen Tóala Álvarez	213
14	Saúl Zavala Hernández	214
15	María de los Reyes Sánchez Lozano	215
16	Rosa Maldonado Velazco	216
17	Araceli Cordero Estrada	217
18	Heldai Coutiño Pérez	218
19	Roque Javier Gómez Juárez	219
20	Raúl Ramón Palacios Torres	220
21	Octavio Saldaña Castillejos	221
22	Cruz Alberto García Lara	222
23	Carlos Escobar Espinoza	223
24	Evelia Del Socorro López Aguilar	224
25	David Galindo García	225
26	Merly Bolaños Meldrano	226
27	Noé Elí Moreno Montoya	227
28	Mario Alfaro Rosales	228
29	Leonardo Fabio Ruiz Vargas	229
30	Mariela Vidal López	230
31	Nora Elia Rosario Espinoza	231
32	José Luis Carreras Melchor	232
33	Jorge Armando Molina Pérez	233
34	Reineria Cruz Torres	234
35	Verónica Albores Hernández	235
36	Leonardo Hernán Alegría Gonzales	236

NOTA: Se asigna el código de acuerdo sea su registro.

Anexo 10. Cronograma de trabajo.

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ

SUBDIRECCIÓN ACADÉMICA
DEPARTAMENTO DE
SEGUIMIENTO DE PROYECTO DE RESIDENCIAS PROFESIONALES

ALUMNO: LUIS ALFREDO JIMÉNEZ ESCOBAR — No. DE CONTROL: 09270225

NOMBRE DEL PROYECTO: GENERACIÓN AUTOMÁTICA DE HORARIOS ESCOLARES BASADA EN ALGORITMOS GENÉTICOS. — EMPRESA: ESCUELA SEC. LIC. ADOLFO LÓPEZ MATEOS

ASESOR EXTERNO: PROFR. FRANCISCO ÁLVAREZ MOLINA — ASESOR INTERNO: MC. OCTAVIO ARIOSTO RIOS TERCERO

PERIODO DE REALIZACIÓN: ENERO-JUNIO DE 2013

ACTIVIDAD		SEMANAS 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Realizar revisión bibliográfica sobre el estado del arte.	P	■														
	R	X	X													
Identificar los elementos de la problemática.	P		■	■												
	R		X	X												
Analizar y seleccionar los elementos que se incluirán en el software de pruebas. Búsqueda y desarrollo del método de codificación y analisis de los operadores.	P			■	■	■	■									
	R				X	X	X									
Programación de la función objetivo, análisis, elección y programación de los operadores de cruza y mutación.	P							■	■	■						
	R							X	X	X						
Análisis de la población inicial, resultados generados y métodos de impresión. Decodificación.	P										■	■	■			
	R										X	X	X			
Pruebas en caso real y mejora de la técnica.	P											■	■	■		
	R											X	X	X		
Integración de los elementos y técnicas en una herramienta de software.	P							■	■	■	■	■	■	■	■	■
	R							X	X	X	X	X	X	X	X	X
OBSERVACIONES					Febrero 25 y 26				Abril 8 y 9				Mayo 8 y 9			
ENTREGA DE REPORTES	Docente: Octavio Ariosto Ríos Tercero															
	Alumno Luis Alfredo Jiménez Escobar															
ITTG-AC-PO-007-05	Jefe Depto. Aida Guillermina Cossio Martínez														Rev.1	

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ

SUBDIRECCIÓN ACADÉMICA
DEPARTAMENTO DE
SEGUIMIENTO DE PROYECTO DE RESIDENCIAS PROFESIONALES

ALUMNO: PEDRO LÓPEZ JIMÉNEZ — No. DE CONTROL: 08270805

NOMBRE DEL PROYECTO: GENERACIÓN AUTOMÁTICA DE HORARIOS ESCOLARES BASADA EN ALGORITMOS GENÉTICOS. — EMPRESA: ESCUELA SEC. LIC. ADOLFO LÓPEZ MATEOS

ASESOR EXTERNO: PROFR. FRANCISCO ÁLVAREZ MOLINA — ASESOR INTERNO: MC. OCTAVIO ARIOSTO RIOS TERCERO

PERIODO DE REALIZACIÓN: ENERO-JUNIO DE 2013

ACTIVIDAD		SEMANAS 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Realizar revisión bibliográfica sobre el estado del arte.	P	■														
	R	X	X													
Identificar los elementos de la problemática.	P		■	■												
	R		X	X												
Analizar y seleccionar los elementos que se incluirán en el software de pruebas. Búsqueda y desarrollo del método de codificación y analisis de los operadores.	P				■	■	■									
	R				X	X	X									
Programación de la función objetivo, análisis, elección y programación de los operadores de cruza y mutación.	P							■	■	■						
	R							X	X	X						
Análisis de la población inicial, resultados generados y métodos de impresión. Decodificación.	P										■	■	■			
	R										X	X	X			
Pruebas en caso real y mejora de la técnica.	P											■	■	■		
	R												X	X		
Integración de los elementos y técnicas en una herramienta de software.	P							■	■	■	■	■	■	■	■	■
	R							X	X	X	X	X	X	X	X	X
OBSERVACIONES					Febrero 25 y 26				Abril 8 y 9				Mayo 8 y 9			
ENTREGA DE REPORTES	Docente: Octavio Ariosto Ríos Tercero															
	Alumno Pedro López Jiménez															
ITTG-AC-PO-007-05	Jefe Depto. Aida Guillermina Cossio Martínez													Rev.1		

Anexo 11. Cartas de aceptación de residencia de la institución.

GOBIERNO DEL ESTADO DE CHIAPAS

SECRETARÍA DE EDUCACIÓN
SUBSECRETARÍA DE EDUCACIÓN FEDERALIZADA
DIRECCIÓN DE EDUCACIÓN SECUNDARIA Y SUPERIOR
DEPARTAMENTO DE EDUCACIÓN SECUNDARIA GENERAL
ESCUELA SECUNDARIA "LIC. ADOLFO LÓPEZ MATEOS"
CLAVES: ES374-4 Y C. T. 07DES0004F

SECRETARIA DE EDUCACIÓN

OFICIO NUM. 073
EXPEDIENTE. ESALM-ODE/2012-2013

Asunto: Carta de aceptación de Residencia.

Tuxtla Gutiérrez, Chiapas; a 06 de junio del 2013.

C. ING.
RODRIGO FERRER GONZÁLEZ,
JEFE DEL DPTO. DE GESTIÓN TECNOLOGÍCA
Y VINCULACIÓN DEL INSTITUTO TECNOLÓGICO
DE TUXTLA GUTIÉRREZ, CHIAPAS
P R E S E N T E . –

Por este medio me dirijo a usted, para informar que el C: ***PEDRO LÓPEZ JIMÉNEZ.*** Con numero de control 08270805 de de la Carrera de Ingeniero en Sistemas Computacionales, ha sido aceptado en esta Institución a mi cargo para realizar su Residencia en el programa (APOYO A LA FORMALIZACIÓN DEL PROYECTO "APLICACIÓN GENERADORA AUTOMÁTICA DE HORARIOS MEDIANTE ALGORITMOS GENÉTICOS"), durante el período comprendido del 19 de febrero al 28 de junio del 2013, cubriendo un total de 640 horas.

Sin otro particular, y para los usos legales a que haya lugar, se extiende la presente en el lugar y fecha arriba señalados.

RECIBIDO
06 JUN 2013
INSTITUTO TECNOLOGICO DE TUXTLA GUTIERREZ
Oficina de Prácticas y Promoción Profesional

ATENTAMENTE

PROFR. JOSÉ FRANCISCO ÁLVAREZ MOLINA
DIRECTOR DEL PLANTEL.

Anexo 12. Cartas de aceptación de residencia de la institución.

GOBIERNO DEL ESTADO DE CHIAPAS

SECRETARÍA DE EDUCACIÓN
SUBSECRETARÍA DE EDUCACIÓN FEDERALIZADA
DIRECCIÓN DE EDUCACIÓN SECUNDARIA Y SUPERIOR
DEPARTAMENTO DE EDUCACIÓN SECUNDARIA GENERAL
ESCUELA SECUNDARIA "LIC. ADOLFO LÓPEZ MATEOS"
CLAVES: ES374-4 Y C. T. 07DES0004F

SECRETARÍA DE EDUCACIÓN

OFICIO NUM. 074
EXPEDIENTE. ESALM-ODE/2012-2013

Asunto: Carta de aceptación de Residencia.

Tuxtla Gutiérrez, Chiapas; a 06 de junio del 2013.

C. ING.
RODRIGO FERRER GONZÁLEZ,
JEFE DEL DPTO. DE GESTIÓN TECNOLOGÍCA
Y VINCULACIÓN DEL INSTITUTO TECNOLÓGICO
DE TUXTLA GUTIÉRREZ, CHIAPAS
P R E S E N T E . –

Por este medio me dirijo a usted, para informar que el C: ***LUIS ALFREDO JIMÉNEZ ESCOBAR .*** Con numero de control 09270225 de de la Carrera de Ingeniero en Sistemas Computacionales, ha sido aceptado en esta Institución a mi cargo para realizar su Residencia en el programa (APOYO A LA FORMALIZACIÓN DEL PROYECTO "APLICACIÓN GENERADORA AUTOMÁTICA DE HORARIOS MEDIANTE ALGORITMOS GENÉTICOS"), durante el período comprendido del 19 de febrero al 28 de junio del 2013, cubriendo un total de 640 horas.

Sin otro particular, y para los usos legales a que haya lugar, se extiende la presente en el lugar y fecha arriba señalados.

RECIBIDO
06 JUN 2013
INSTITUTO TECNOLOGICO DE TUXTLA GUTIERREZ
Oficina de Prácticas y Promoción Profesional

ATENTAMENTE

PROFR. JOSÉ FRANCISCO ÁLVAREZ MOLINA
DIRECTOR DEL PLANTEL.

Anexo 13. Cartas de terminación de residencia de la institución.

GOBIERNO DEL ESTADO DE CHIAPAS

SECRETARÍA DE EDUCACIÓN
SUBSECRETARÍA DE EDUCACIÓN FEDERALIZADA
DIRECCIÓN DE EDUCACIÓN SECUNDARIA Y SUPERIOR
DEPARTAMENTO DE EDUCACIÓN SECUNDARIA GENERAL
ESCUELA SECUNDARIA "LIC. ADOLFO LÓPEZ MATEOS"
CLAVES: ES374-4 Y C. T. 07DES0004F

SECRETARIA DE EDUCACIÓN

OFICIO NUM. 146

EXPEDIENTE. ESALM-ODE/2012-2013

Asunto: Carta de terminación de Residencia.

Tuxtla Gutiérrez, Chiapas; a 09 de agosto del 2013.

C. D.

JOSÉ ERASMO CAMERAS MOTA

JEFE DEL DPTO. DE GESTIÓN TECNOLÓGICA

Y VINCULACIÓN DEL INSTITUTO TECNOLÓGICO

DE TUXTLA GUTIÉRREZ, CHIAPAS

PRESENTE. –

Por este medio me dirijo a usted para informar que el C: PEDRO LÓPEZ JIMÉNEZ. Con número de control 08270805 de la Carrera Ingeniero en Sistemas Computacionales, ha culminado con éxito en esta Institución a mi cargo el proyecto de residencia en el programa (APOYO A LA FORMALIZACIÓN DEL PROYECTO "APLICACIÓN GENERADORA AUTOMÁTICA DE HORARIOS MEDIANTE ALGORITMOS GENÉTICOS"), realizado durante el periodo comprendido del 19 de febrero al 28 de junio del 2013, cubriendo un total de 640 horas.

Sin otro particular, y para los usos legales a que haya lugar, se extiende la presente en el lugar y fecha arriba señalados.

ATENTAMENTE

PROFR. JOSÉ FRANCISCO ALVAREZ MOLINA

DIRECTOR DEL PLANTEL.

SECRETARIA DE EDUCACION
SUBSECRETARIA DE EDUCACION FEDERALIZADA
DIRECCION DE EDUCACION SECUNDARIA Y SUPERIOR
DEPARTAMENTO DE SECUNDARIAS FEDERALES
ESC. SEC. LIC. ADOLFO LOPEZ MATEOS .
C.T. 07DES0004F
TUXTLA GUTIERREZ, CHIAPAS

GOBIERNO DEL ESTADO DE CHIAPAS

SECRETARÍA DE EDUCACIÓN
SUBSECRETARÍA DE EDUCACIÓN FEDERALIZADA
DIRECCIÓN DE EDUCACIÓN SECUNDARIA Y SUPERIOR
DEPARTAMENTO DE EDUCACIÓN SECUNDARIA GENERAL
ESCUELA SECUNDARIA "LIC. ADOLFO LÓPEZ MATEOS"
CLAVES: ES374-4 Y C. T. 07DES0004F

SECRETARÍA DE EDUCACIÓN

OFICIO NUM. 145

EXPEDIENTE. ESALM-ODE/2012-2013

Asunto: Carta de terminación de Residencia.

Tuxtla Gutiérrez, Chiapas; a 09 de agosto del 2013.

C. D.

JOSÉ ERASMO CAMERAS MOTA

JEFE DEL DPTO. DE GESTIÓN TECNOLÓGICA

Y VINCULACIÓN DEL INSTITUTO TECNOLÓGICO

DE TUXTLA GUTIÉRREZ, CHIAPAS

PRESENTE. –

Por este medio me dirijo a usted para informar que el C: LUIS ALFREDO JIMÉNEZ ESCOBAR. Con número de control 09270225 de la Carrera Ingeniero en Sistemas Computacionales, ha culminado con éxito en esta Institución a mi cargo el proyecto de residencia en el programa (APOYO A LA FORMALIZACIÓN DEL PROYECTO "APLICACIÓN GENERADORA AUTOMÁTICA DE HORARIOS MEDIANTE ALGORITMOS GENÉTICOS"), realizado durante el periodo comprendido del 19 de febrero al 28 de junio del 2013, cubriendo un total de 640 horas.

Sin otro particular, y para los usos legales a que haya lugar, se extiende la presente en el lugar y fecha arriba señalados.

ATENTAMENTE

SECRETARIA DE EDUCACION
SUBSECRETARIA DE EDUCACION FEDERALIZADA
DIRECCION DE EDUCACION SECUNDARIA Y SUPERIOR
DEPARTAMENTO DE SECUNDARIAS FEDERALES
ESC. SEC. LIC. ADOLFO LOPEZ MATEOS .
C.T. 07DES0004F
TUXTLA GUTIERREZ, CHIAPAS

PROFR. JOSÉ FRANCISCO ALVAREZ MOLINA

DIRECTOR DEL PLANTEL.