



PONTIFICIA **UNIVERSIDAD CATÓLICA** DEL PERÚ

Esta obra ha sido publicada bajo la licencia Creative Commons  
Reconocimiento-No comercial-Compartir bajo la misma licencia 2.5 Perú.

Para ver una copia de dicha licencia, visite  
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>



**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ**  
**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA**



**PLANIFICACIÓN DE HORARIOS DEL PERSONAL DE CIRUGÍA DE UN HOSPITAL  
DEL ESTADO APLICANDO ALGORITMOS GENÉTICOS (TIME TABLING  
PROBLEM)**

Tesis para optar por el Título de Ingeniero Informático, que presenta el bachiller:

Gissella María Bejarano Nicho

**ASESOR:** Magíster Manuel Tupia Anticona

Lima, Junio del 2010

## Resumen

El presente documento describe un proyecto de fin de carrera en Ciencias de la Computación. Este proyecto intenta dar solución al problema de generación de horarios del personal de un hospital, para ser más exactos del servicio de Cirugía y Radioterapia un hospital del estado.

La solución se construye con el uso de un algoritmo genético. Se ha tomado como caso de estudio el servicio de un hospital del país, el cual se visitó en repetidas ocasiones para el respectivo levantamiento de información y adaptación de un algoritmo que cumpla con sus restricciones y requerimientos. Para facilitar la búsqueda de esta solución se aplicará los operadores de casamiento y mutación especialmente pensados para la estructura del cromosoma o individuo.

La calidad de las soluciones generadas por el algoritmo se medirá en base a la cantidad de preferencias cumplidas (condiciones débiles) dado que las restricciones y requerimientos son condiciones obligatorias que se cumplen en cada solución. Para determinar los valores de los parámetros del algoritmo se realizaron varias corridas con diferentes combinaciones de valores y se eligió la que optimizaba la función objetivo de la solución. Se estima que la duración del proyecto será de un año.

*A mis padres y hermanos,  
por su esfuerzo, comprensión y apoyo*

## Tabla de Contenido

Introducción.....	1
1 Capítulo 1: Generalidades .....	2
1.1 Definición y escenario del problema.....	2
1.2 Objetivo General .....	4
1.3 Objetivos específicos.....	4
1.4 Resultados esperados .....	4
1.5 Marco Conceptual del proyecto.....	4
1.5.1 Programación de horarios en departamentos de enfermería.....	6
1.5.1.1 Condición de la enfermera .....	6
1.5.1.2 Turno de trabajo .....	6
1.5.1.3 Requisitos del servicio.....	6
1.5.1.4 Consideraciones del personal .....	6
1.5.1.5 Preferencias del personal.....	7
1.5.1.6 Productividad.....	7
1.5.1.7 Cabeza de grupo.....	7
1.5.2 Solución del problema .....	7
1.5.2.1 Optimización combinatoria.....	7
1.5.2.2 Problemas NP .....	7
1.5.2.3 Problema de programación de horarios (Scheduling problem).....	8
1.5.2.4 Timetabling .....	9
1.5.2.5 Algoritmos genéticos .....	10
1.6 Plan de Proyecto .....	11
1.6.1 WBS.....	11
1.6.2 Diagrama Gantt .....	11
1.7 Estado del Arte .....	14
1.7.1 Sistemas existentes.....	14
1.7.2 Algoritmos aplicados para resolver el problema.....	19
1.8 Descripción de la solución .....	21
2 Capítulo 2: Análisis .....	22
2.1 Definición de la metodología de la solución .....	22
2.2 Identificación de requerimientos.....	23
2.2.1 Requerimientos funcionales .....	24
2.2.1.1 Módulo de configuración inicial .....	24
2.2.1.2 Módulo de ingreso de preferencias .....	24
2.2.1.3 Módulo de generación de horario.....	24
2.2.2 Requerimientos no funcionales .....	24
2.3 Análisis de la solución .....	25
2.3.1 Evaluación de la viabilidad del sistema .....	25
2.3.2 Análisis Técnico Económico .....	25
3 Capítulo 3: Diseño.....	26
3.1 Arquitectura de la información.....	26
3.1.1 Arquitectura de la solución .....	29
3.1.2 Diseño de la interfaz gráfica .....	30
3.1.2.1 Selección de vacaciones de enfermeras y cabezas de grupo.....	30
3.1.2.2 Carga de preferencias.....	31
3.1.2.3 Generar horario .....	31
3.1.2.4 Ver Horario .....	32
4 Capítulo 4: Construcción.....	33
4.1 Construcción.....	33
4.1.1 Algoritmo.....	33
4.1.1.1 Pseudocódigo.....	34
4.1.1.2 Código .....	36
4.1.1.3 Población Inicial.....	38
4.1.1.4 Estructura de cromosoma .....	39
4.1.1.5 Operadores.....	40
4.1.1.6 Restricciones .....	41
4.1.1.7 Función de fitness .....	44
4.2 Pruebas.....	44

4.2.1	Calibración de parámetros.....	45
5	Capítulo 5: Observaciones, conclusiones y recomendaciones. ....	48
5.1	Observaciones.....	48
5.2	Conclusiones.....	49
5.3	Recomendaciones.....	49
6	Bibliografía.....	50

## Índice de Figuras

Figura 1.1	Proceso manual de establecimiento de los horarios .....	5
Figura 1.2	WBS del proyecto .....	12
Figura 1.3	Gantt del proyecto.....	13
Figura 1.4	Interfaz de un reporte de GPT .....	14
Figura 1.5	Interfaz de un reporte de TecnoHospital .....	15
Figura 1.6	Ejemplo de escenario en el sistema OPTIHPER.....	16
Figura 1.7	Interfaz de asignación de horario .....	17
Figura 3.1	Estructura de archivo de carga de preferencias de enfermeras.....	27
Figura 3.2	Arquitectura de la información .....	28
Figura 3.3	Estructura del archivo solución.....	28
Figura 3.4	Formulario para seleccionar vacaciones de enfermeras y cabezas de grupo .....	30
Figura 3.5	Formulario para seleccionar el archivo de preferencias.....	31
Figura 3.6	Formulario para generar horario.....	31
Figura 3.7	Formulario para mostrar horario generado.....	32
Figura 4.1	Pseudocódigo principal.....	34
Figura 4.2	Pseudocódigo de la clase Cromosoma .....	34
Figura 4.3	Pseudocódigo de la clase Población .....	35
Figura 4.4	Clase AlgoritmoGenetico .....	36
Figura 4.5	Clase BESolucion (Cromosoma) .....	36
Figura 4.6	Clase Poblacion .....	37
Figura 4.7	Estructura del individuo original.....	38
Figura 4.8	Estructura del individuo generado a partir del individuo original .....	38
Figura 4.9	Estructura del cromosoma .....	40
Figura 4.10	Estructura del cromosoma .....	40
Figura 4.11	Operador de crossover .....	41
Figura 4.12	Operador de mutación .....	42
Figura 4.13	Diagrama de distribución de cada muestra .....	46

## Índice de Tablas

Tabla 1.1 Cuadro de la clasificación de turnos del INEN.....	6
Tabla 1.2 Cuadro comparativo de los sistemas en el mercado.....	18
Tabla 4.3 Casos de combinación de parámetros .....	45
Tabla 4.4 Valores de los parámetros para cada caso .....	45
Tabla 4.5 Test de Normalidad.....	46
Tabla 4.6 Test de diferencia de medias de las 6 muestras .....	47



## Introducción

En cada área profesional del mundo laboral actual existen tareas repetitivas que deben ser realizadas manualmente al no contar con algún medio de automatización. Este es el caso de la elaboración de los horarios de trabajo del personal del servicio (enfermeras y técnicas) de un hospital. Para llevar a cabo de manera óptima esta tarea, se debe tomar en cuenta una serie de requisitos impuestos por el servicio u hospital y tratar de cumplir con las preferencias de horarios de dicho personal.

La combinación de todas las posibilidades de soluciones sería inmanejable de manera manual e incluso computacionalmente, a pesar de que con esta última se pueden combinar de una forma mucho más rápida los parámetros y variables del problema. Por ende se hace necesaria la construcción de una herramienta informática que, sin revisar ni realizar todas las posibles combinaciones de los requerimientos dados, permita construir un horario o configuración de turnos del personal hospitalario.

El presente proyecto de tesis pretende desarrollar un algoritmo genético que permita la resolución de este problema denominado en la literatura como *nurse scheduling*, variante particular del problema de planificación. Se está tomando como escenario de caso de estudio particular el servicio de Cirugía y Radioterapia del Instituto de Enfermedades Neoplásicas (INEN) en Lima, Perú.

## 1 Capítulo 1: Generalidades

En este capítulo se brinda un panorama general del problema a resolver: en la primera sección se presenta la definición del problema de la planificación de horarios para el personal del servicio de un hospital del Estado y el entorno en el que se desarrolla. Luego se detallarán las dificultades o consideraciones que tiene el encargado de elaborar un horario, en este caso la jefa del servicio. En la segunda, tercera y cuarta sección se explican los objetivos y resultados esperados de este proyecto. En la quinta sección se brinda una serie de conceptos necesarios para el entendimiento del problema desde el punto de vista del área profesional donde se resuelve y los conceptos relacionados a la forma de resolver este problema combinatorio. Por último, en la sexta sección se explica la organización y cronograma de las actividades del proyecto

### 1.1 Definición y escenario del problema

En el servicio de Cirugía y Radioterapia del Instituto de Enfermedades Neoplásicas (INEN) en Lima (Perú), la jefa de dicho servicio tiene la tarea de organizar los horarios mensuales de las enfermeras cumpliendo con una serie de requisitos por parte del servicio y con una serie de consideraciones hacia el personal. Estos requisitos suponen básicamente la necesidad de cierta cantidad de enfermeras en un determinado turno y las consideraciones se refieren a los derechos que tienen las enfermeras cuando están de vacaciones o cumplen años en dicho mes. Esta planificación debe ser realizada al menos con un mes de anticipación al mes en el que se requiere el horario. Además de estos requisitos y consideraciones, la jefa del servicio toma en cuenta también ciertas preferencias de turnos de las enfermeras para días determinados y la asignación de una cabeza de grupo para cada turno del horario, criterios que hacen aún más difícil la elaboración de un horario para todo el personal. Actualmente el problema es resuelto manualmente, lo que implica una gran

inversión de tiempo de la jefa del servicio. Se sabe que en promedio los encargados de estas tareas invierten unas 10 horas en realizar este tipo de trabajos aunque normalmente se hacen múltiples cambios posteriores. El tiempo invertido en esta actividad no está precisamente dentro del horario de trabajo de la jefa del servicio, razón por la cual debe invertir tiempo extra para terminarlo.

Existe la hipótesis sobre la relación que existe entre la satisfacción del paciente (objetivo y misión de cualquier hospital) y la satisfacción de las enfermeras y el personal de atención [EAL03]. Por este motivo, es importante para la jefa del servicio tomar en cuenta las preferencias de horarios de trabajo del personal y poder satisfacerlas, para que así contribuya a la motivación del trabajo que debe prestar a los pacientes [GAL06].

A continuación se lista brevemente una recopilación de las recomendaciones que la Dirección de Enfermería brinda a las jefas de cada servicio para elaborar los horarios del personal y los requisitos obligatorios que se deben cumplir:

- Verificar que cada enfermera cumpla 150 horas de trabajo<sup>1</sup>
- Verificar que el recurso humano se encuentre dotado según los lineamientos de la institución.
- Solicitar a la supervisora de recursos humanos la relación de personal que se encuentra cumpliendo onomástico en el mes a programarse. La programación libre por cumpleaños, debe realizarse el mismo día del onomástico o días posteriores pero no antes.
- Verificar que el personal en condición de nombrado programado para vacaciones, tenga su reemplazo.
- Verificar la fecha en que debe ingresar a laborar el personal que se reincorpora después de su periodo vacacional.
- Al confeccionar el rol de turno del personal a su cargo, tome en cuenta cual es el último turno que tiene programado el mes anterior.
- Se sugiere que el personal nombrado mantenga su secuencia: guardia diurna, guardia nocturna o diurna, descanso, 1° día libre y 2° día libre.
- Considerar que como máximo y en forma excepcional, podría programársele tres prestaciones de servicios consecutivos a la persona contratada.
- No programar al personal contratado en su onomástico.
- No programar productividad en los días feriados o domingos.

El diagrama de flujo que describe el proceso de asignación de horarios al

---

<sup>1</sup> La cantidad de horas de trabajo de una enfermera no depende de la cantidad de días que tenga el mes para el que se realiza el horario. Artículo Nro 17 de la Ley del trabajo de la enfermera(o) - LEY N° 27669

personal se presenta en la figura 1.1 donde se puede apreciar que es bastante largo sobre todo por las verificaciones que se realizan por parte de la enfermera jefa del servicio (procesos en la parte derecha) y por parte de la dirección de enfermería (procesos en la parte izquierda).

## 1.2 Objetivo General

El objetivo general del proyecto es realizar el planteamiento e implementación de un algoritmo genético que resuelva el problema del *timetabling* con restricciones tomando como caso de estudio la planificación horaria para el personal de la Unidad de Cirugía y Radioterapia del INEN.

## 1.3 Objetivos específicos

- Definir una estructura de datos que permita manejar turnos, días y las asignaciones de enfermeras por turno-día, que constituirá el cromosoma dentro del algoritmo.
- Establecer la función de fitness que recoja las preferencias de las enfermeras por turnos determinados y una función que verifique los siguientes requerimientos:
  - Cantidad mínima de enfermeras por turno
  - Asignación de una cabeza de enfermeras por turno.
  - Tiempo de trabajo mensual por enfermera igual a 150 horas
- Implementar un algoritmo genético para resolver el problema del time tabling con restricciones.
- Definir una arquitectura de información del sistema basada en el uso de archivos XML que permitan establecer un sistema sencillo, eficiente y que soporte las condiciones y restricciones laborales que puedan presentarse en el hospital en el futuro.

## 1.4 Resultados esperados

Con el presente trabajo se espera:

- Diseño de una estructura que permita representar la solución del problema.
- Definición formal de requerimientos, consideraciones y restricciones del problema que permita una clara comparación entre las soluciones posibles.
- Diseño e implementación de un algoritmo genético que maneje las restricciones del problema para el caso de estudio.
- Flujo de información establecido para el problema y definición de los formatos de archivos .xml a ser utilizados en el sistema.

## 1.5 Marco Conceptual del proyecto

En esta sección se presentarán tanto los conceptos para el entendimiento del problema relacionados al campo de la enfermería y la generación de horarios, como los conceptos relacionados a la optimización combinatoria, al problema de horarios, conocido en la literatura como *scheduling* en su variante Timetabling.

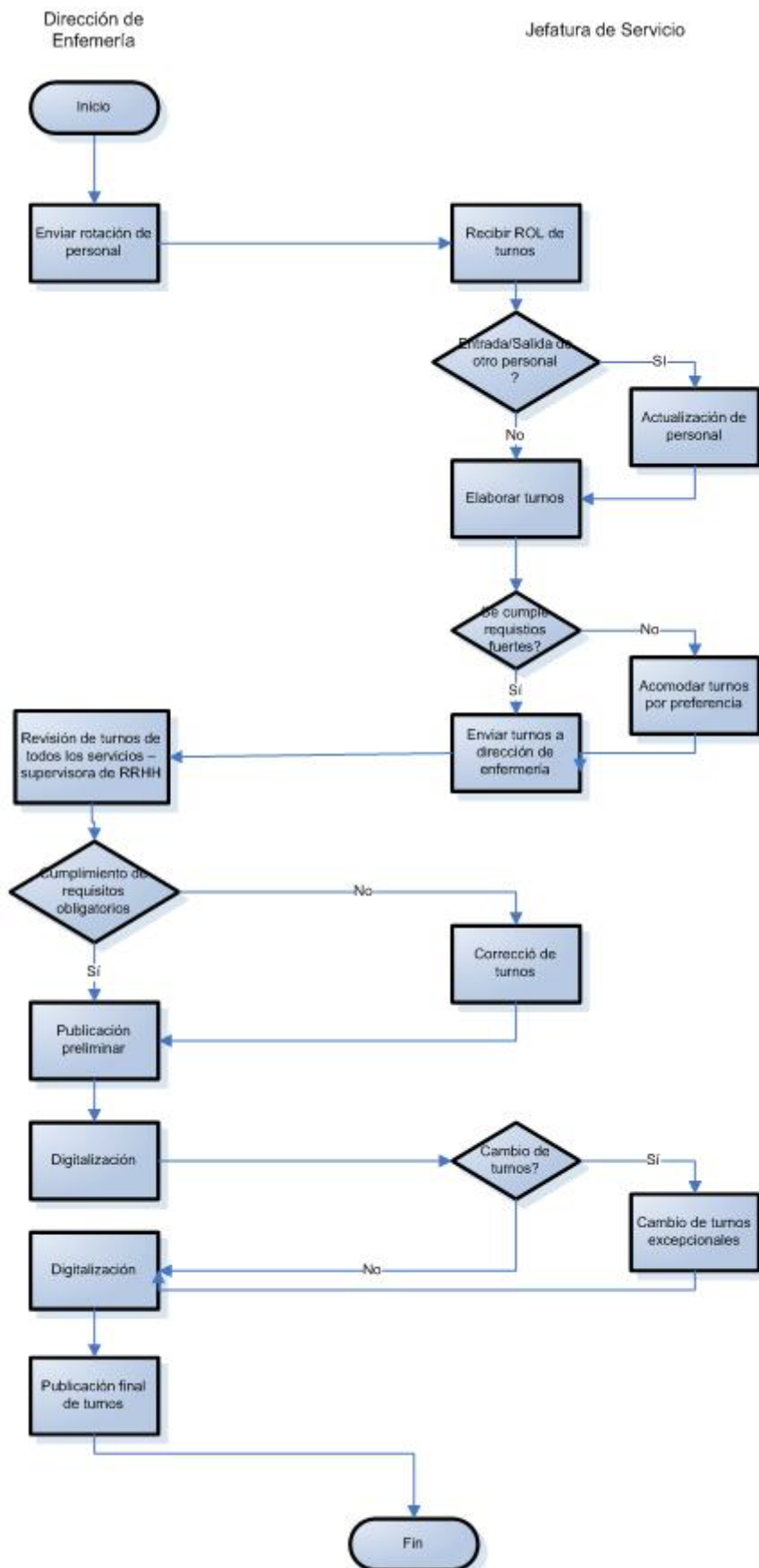


Figura 1.1 Proceso manual de establecimiento de los horarios

## 1.5.1 Programación de horarios en departamentos de enfermería

### 1.5.1.1 Condición de la enfermera

Existen dos tipos de condición laboral de una enfermera: nombrada y contratada. Las enfermeras nombradas deben cumplir una cantidad de turnos en el mes. Y por su condición de nombrada, se toma en cuenta por ley, que debe hacer productividades u horas extra de trabajo. Las enfermeras contratadas deben cumplir algunos turnos en común con la enfermera nombrada y actualmente no se les asigna vacaciones. En el alcance de este proyecto se considera a todas las enfermeras nombradas.

### 1.5.1.2 Turno de trabajo

En el campo laboral de la enfermería se manejan varios tipos de turnos de trabajo. Siendo este un campo laboral que trabaja las 24 horas del día, los 7 días de la semana se necesita dividir el día de tal forma que cierta cantidad de personal se encuentre laborando en las distintas divisiones. Para organizar mejor la información sobre estas divisiones se crean los turnos de trabajo, Estos son periodos de tiempo con una hora de inicio y una hora de fin. Para el caso de la Unidad de Cirugía y Radioterapia, se manejan 6 tipos de turnos previamente codificados y de general conocimiento de las enfermeras<sup>2</sup>:

Nombre de turno	Código	Descripción	Horario
Turno 86	T86	Conocido como guardia diurna. En un mes una enfermera (nombrada o contratada) debe hacer 4 de estos turnos.	7:00am – 7:30pm
Turno 87	T87	Conocido como guardia nocturna. En un mes una enfermera (nombrada o contratada) debe hacer 6 de estos turnos.	7:30pm – 7:00am
Turno 40	T40	Tipo de turno que realiza una enfermera nombrada	7:00am – 3:30pm
Turno 60	T60	Tipo de turno que realiza una enfermera nombrada	7:00am – 3:00pm
Turno 18	T18	Tipo de turno que realiza una enfermera contratada.	7:00am – 1:30pm
Turno 72	T72	Tipo de turno que realiza una enfermera contratada.	7:00am – 1:00pm

Tabla 1.1 Cuadro de la clasificación de turnos del

### 1.5.1.3 Requisitos del servicio

También llamado en algunas ocasiones requerimiento del servicio. Cada día el servicio necesita un mínimo de enfermeras para cada tipo de turno. Esta cantidad es especificada por la jefa del servicio dependiendo de la cantidad de enfermeras con las que cuenta y la demanda de pacientes que se atienden en el servicio.

### 1.5.1.4 Consideraciones del personal

Son reglas que el hospital exige se tomen en cuenta para la elaboración del horario de cada enfermera. Ejemplo de estas consideraciones son las tomadas en cuenta cuando una enfermera cumple años y cuando está de vacaciones.

<sup>2</sup> Tomado del documento *Programación de Turnos en el personal de Enfermería del INEN*.

#### 1.5.1.5 Preferencias del personal

Actualmente no se toma mucho en cuenta todas las preferencias del personal para asignar los horarios. Esto se debe a que el tomar en cuenta todas las preferencias de cada una de las enfermeras del servicio resulta un trabajo engorroso para la jefa de la unidad o servicio.

#### 1.5.1.6 Productividad

Las enfermeras nombradas deben hacer una cantidad de horas de productividad (12 horas actualmente) establecidas por el gobierno. Estas horas se reparten en 3 días, en los cuales las enfermeras deben trabajar 4 horas más aparte del turno asignado. Sólo se pueden asignar los turnos de productividad los días que una enfermera tiene asignados los turnos 40 o 60 y no deben ser asignados en días feriados o domingos. Una productividad asignada con un turno 40 tiene casi la misma cantidad total de horas que un turno 60, por esa razón se considerará en este caso la programación de 3 turnos 60 más (por las 3 productividades a asignar a una enfermera).

#### 1.5.1.7 Cabeza de grupo

Una enfermera cabeza de grupo es la que en ausencia de la jefa del servicio puede desenvolverse como tal. Se recomienda que estas enfermeras lideren cada grupo de enfermeras asignados a un turno.

### 1.5.2 Solución del problema

#### 1.5.2.1 Optimización combinatoria

Es la rama de las matemáticas y ciencias de la computación relacionada a la investigación de operaciones que busca encontrar la solución óptima a un problema, dada una cantidad posible de soluciones. Los problemas que pueden ser resueltos por optimización combinatoria se pueden clasificar por su complejidad en: L, NL, P, P-Completo, NP, NP-Completo, NP-duro. Cuando esta cantidad de posibles soluciones es muy alta resulta computacionalmente imposible hallar la solución óptima. Entonces gracias a la inteligencia artificial y a los algoritmos metaheurísticos es posible reducir el espacio de búsqueda de la solución y explorarlo eficientemente. Esta exploración se realiza a través de la explotación de un espacio local de búsqueda y la diversificación que permite a la vez buscar por todo el espacio de soluciones.

#### 1.5.2.2 Problemas NP

Es una clase de problemas de decisión que pueden ser resueltos por una máquina de Turing no deterministas en tiempo polinómico y por eso su nombre Non-Deterministic Polynomial time. Ejemplos de este problema son el Timetabling, el problema de scheduling, el problema del agente viajero, etc. Dentro de estos existe la clase NP-completos, que son problemas intrínsecamente intratables desde un punto de vista computacional, no susceptibles a una solución algorítmica eficiente. Si algún algoritmo resuelve correctamente un problema NP-completo, requerirá en el peor de los casos una cantidad de tiempo exponencial para resolverlo. Es por esta razón que para resolver este tipo de problemas se utilizan métodos heurísticos y

metaheurísticos, que se basan en aproximaciones. Este tipo de problemas tiene las siguientes propiedades [PSC82]:

- a) Ningún problema NP-completo puede ser resuelto por algún algoritmo o solución polinómica.
- b) Si existe alguna solución polinómica para resolver algún problema NP-completo, entonces hay una solución polinómica para todos los problemas NP-completos.

### 1.5.2.3 Problema de programación de horarios (Scheduling problem)

En la compleja área de manufactura, con múltiples líneas de producción, cada una de ellas requiere distintos pasos y máquinas para su realización. El encargado de la elaboración de un horario debe encontrar la forma de manejar exitosamente los recursos para producir los productos en la forma más eficiente. Para elaborar este horario, el encargado necesita diseñar un horario de producción que promueva la entrega a tiempo y minimice los objetivos como el tiempo total de producción. Alrededor de estas consideraciones crece un área de estudio conocida como el problema de scheduling [RIO99]. Este problema es considerado NP (Non-deterministic Polynomial time) que significa que no existe una solución óptima encontrada.

Este tipo de problema implica la búsqueda de la solución más óptima bajo varios objetivos, diferentes escenarios de máquinas y características de las tareas a programar. Algunos de esos objetivos pueden ser la minimización del makespan o tiempo en que finaliza la última tarea, minimización del tiempo total de realización de todas las tareas o minimización total de la tardanza de todas las tareas.

Un problema de programación de horarios es descrito por las variables  $\alpha|\beta|\gamma$ . La variable  $\alpha$  describe el escenario de máquinas; la variable  $\beta$  brinda detalles de las características de procesamiento y restricciones y puede contener una o varias especificaciones; y por último la variable  $\gamma$  describe el objetivo a ser minimizado y usualmente contiene un solo valor. La mayoría de variantes de este problema se relacionan con la programación de tareas en industrias y se puede apreciar diferentes funciones-objetivo a cumplir. Los casos de escenarios más conocidos son [PIN02]:

- Single Machine (1): es el caso más simple de scheduling y un caso especial de los demás escenarios. Como su nombre lo indica en este escenario se tiene solo una máquina como recurso.
- Identical Machine in parallel ( $Pm$ ): En este escenario existen  $m$  máquinas idénticas en paralelo. La tarea  $j$  requiere una operación simple y puede ser procesada en cualquiera de las  $m$  máquinas o en cualquiera de un subconjunto de éstas.
- Machines in parallel with different speeds ( $Qm$ ): Existen  $m$  máquinas en paralelo con diferentes velocidades. La velocidad de una máquina  $i$  se denota por  $v_i$ . Este escenario es conocido también como máquinas uniformes.
- Unrelated machines in parallel ( $Rm$ ): Este escenario es una generalización del anterior. Existen  $m$  diferentes máquinas en paralelo y



la máquina  $i$  puede procesar la tarea  $j$  a una velocidad  $v_{ij}$ . Si las velocidades de la máquina son independientes de la tarea, entonces el escenario es idéntico al anterior.

- Flow Shop ( $Fm$ ): Existen  $m$  máquinas en serie. Cada tarea debe ser procesada o asignada a cada una de las  $m$  máquinas. Todas las tareas tienen que seguir la misma ruta (por ejemplo primero en la máquina 1, luego en la máquina 2 y así sucesivamente). Después de ser procesada en una máquina, una tarea pasa a estar en la cola de la siguiente máquina. Generalmente todas las colas operan bajo la condición FIFO (primero en entrar y primero en salir).
- Flexible flow shop (FFc): Es una generalización del caso anterior y del caso de máquinas en paralelo. En vez de  $m$  máquinas en serie, hay  $c$  estaciones en serie con un número idéntico de máquinas en paralelo cada una. Cada tarea debe ser procesada primero en la estación 1, luego en la estación 2, y así sucesivamente.
- Job shop ( $Jm$ ): En este escenario con  $m$  máquinas, cada tarea tiene su propia ruta predeterminada a seguir. Existen los casos en que cada tarea debe visitar cada máquina a lo mucho una vez, y casos en los que cada máquina puede visitar una máquina más de una vez.
- Flexible job shop ( $FJc$ ): Este caso es una generalización del Job shop y del caso de máquinas en paralelo. En vez de  $m$  máquinas, hay  $c$  centros de trabajo con un número idéntico de máquinas en paralelo en cada uno. Cada tarea tiene su propia ruta a seguir. Si cada tarea puede visitar un centro de trabajo más de una vez, la variable  $\beta$  contiene el valor *recrc* de recirculación
- Open Shop ( $Om$ ): En este escenario hay  $m$  máquinas. Cada tarea debe ser procesada en cada una de las  $m$  máquinas, pero los tiempos de proceso en algunas máquinas es cero. El encargado puede determinar una ruta para cada tarea. Diferentes tareas pueden tener diferentes rutas.

#### 1.5.2.4 Timetabling

El problema del *Timetabling* consiste en asignar, de la mejor manera, una serie de eventos o recursos en periodos de tiempo denominados *spots*. Estos eventos se asignarán cumpliendo requisitos obligatorios o *fuertes* y se tratará de cumplir requisitos secundarios o *débiles* del problema, para agregar un alto grado de optimización y adaptabilidad a la solución. Sin embargo es suficiente cumplir las restricciones más fuertes para aceptar una solución como *válida*. En la literatura se puede encontrar muchas variantes de éste problema pero la PATAT<sup>3</sup> sugiere esta clasificación como los casos más conocidos:

- Educational Timetabling: en este tipo de problemas, se encuentran la asignación de horarios de cursos en universidades (University Course Timetabling Problem o solo Course Timetabling Problem) o colegios (School Timetabling problem) y la asignación de profesores a clases como Class-Teacher Timetabling, Student Scheduling, Teacher assignment, Classroom assignment, Examination assignment etc.

---

<sup>3</sup>

Practice and Theory of Automated Timetabling Conferences

University Timetabling es un problema NP-difícil, que significa que el tiempo computacional requerido para su solución aumenta exponencialmente con el tamaño del problema, es decir con la cantidad de variables que tiene que manejar. Está sujeto a restricciones fuertes que deben ser cumplidas para poder construir un horario útil y restricciones suaves, que no necesariamente se deben cumplir pero que aportarán a la calidad o bondad de la solución. Entre los ejemplos de restricciones fuertes tenemos: la disponibilidad del profesor, la cantidad de horas que debe ser dictado un curso. Y entre las restricciones suaves se pueden considerar: el tener las clases de los cursos de ciclos inferiores en las mañanas y las de los cursos de últimos ciclos en las noches y tardes [GAB08]. [AAK07] es otro ejemplo de artículo en la variante de Examination Assignment, donde se comprueba la generación de mejores soluciones trabajando con un vecindario más grande, lo que permite dirigir la búsqueda hacia otras partes del espacio de soluciones.

- Transport Timetabling: en este tipo de problemas, se puede mencionar los de asignación de programación de conductores en vehículos como: buses de transporte público, trenes y/o aviones; junto con la programación de horarios de arribos y llegadas de vuelos en un aeropuerto. Un ejemplo de esta variante se puede revisar en [CFT02].
- Employee Timetabling and Rostering: en este tipo de problemas, se pueden considerar los horarios a generar para diversas áreas profesionales como: medicina (doctores, enfermeras); empresas comerciales (cajeros, gondoleros); personal de aeropuertos, entre otros. El objetivo de esta variante es poder combinar las exigencias o requisitos de la institución con las preferencias de horas de trabajo del empleado para poder así generar un horario eficiente y que satisfaga las preferencias del personal. Algunas de las restricciones fuertes que existen en esta variante son: los límites mínimos y máximos de la cantidad de turnos o días consecutivos que debe tener un trabajador, la cantidad de días libres, el total de horas a trabajar dependiendo si es un trabajador a tiempo completo o a medio tiempo y por supuesto las restricciones del tipo regulatorio / laboral.
- Sports Timetabling: en este tipo de problemas se requiere elaborar un horario dividido en spots o periodos de tiempos en los que desarrollarán juegos o partidos [LJY04]. Se requiere que cada equipo juegue a lo mucho una determinada cantidad de veces en cada periodo. Un ejemplo de esta variante se encuentra en [SMK04].

### 1.5.2.5 Algoritmos genéticos

Un algoritmo genético es un método metaheurístico que simula la evolución natural y la ley de supervivencia para resolver un problema. Maneja una cantidad de posibles soluciones (individuos) que al ser afectados por diferentes operadores dan como resultado otras posibles soluciones, construyendo así poblaciones de diferentes generaciones. Estos operadores pueden ser de reproducción (crossover) y mutación y por cada uno de ellos existen muchas variantes a ser aplicadas. En esta piscina de soluciones, el algoritmo genético será capaz de encontrar una buena solución al aplicar la selección natural del individuo más apto.

**Cromosoma:** es la estructura de datos que representa una solución al problema, también llamado individuo. Un cromosoma padre es un individuo de una generación  $n$  que puede producir hijos en la generación  $n+1$ .

**Operadores:** mecanismos para relacionar a los cromosomas padres para generar individuos hijos en una nueva generación. Los operadores más conocidos son los de casamiento (Crossover) y mutación. A continuación se detallan algunas formas de uno de los operadores más conocidos, el de casamiento, encontradas en la literatura:

- **Single Point Crossover:** se escoge un punto aleatorio en la estructura de los individuos y las dos partes en las que quedan divididos los individuos se intercambian.
- **Two Point Crossover:** funciona bajo la misma lógica del single point crossover con la diferencia de que la parte intercambiada es solo la del centro (de las 3 partes en que han quedado divididos los individuos).
- **Uniform Crossover:** en este caso cada uno de los genes de los hijos son copiados exactamente de uno u otro padre según una máscara generada aleatoriamente de la misma longitud del individuo.
- **Three Parent Crossover:** se escogen tres individuos al azar. Se comparan los genes del primer y segundo padre y si son iguales se asigna el mismo gen al hijo, si son diferentes se toma el gen del tercer padre.
- **Ordered crossover:** se usa cuando el problema se basa en el orden de los genes y la combinación de los padres respetará un orden establecido de precedencia.

**Aberración:** una aberración es una solución inválida al problema. Es decir, que no cumple con los requerimientos fuertes o principales que el problema impone a una solución y por lo tanto no se toma en cuenta como individuo de la población.

**Fitness:** es una función aplicada al cromosoma que mide la calidad de la solución. Cada uno de los cromosomas tendrá un fitness cuyo valor se quiere maximizar.

## 1.6 Plan de Proyecto

A continuación se describe el plan del proyecto a través de un WBS (Work Breakdown structure) y un diagrama de Gantt.

### 1.6.1 WBS

Se presenta en la figura 1.2 el WBS del proyecto, que muestra una jerarquía de 3 niveles, que permite dividir el trabajo en varias tareas a realizar.

### 1.6.2 Diagrama Gantt

El diagrama de Gantt del proyecto se muestra en la figura 1.3. Este ha sido elaborado y pensado en base al WBS y a las etapas sugeridas en la metodología escogida, que se detallará más en el siguiente capítulo.

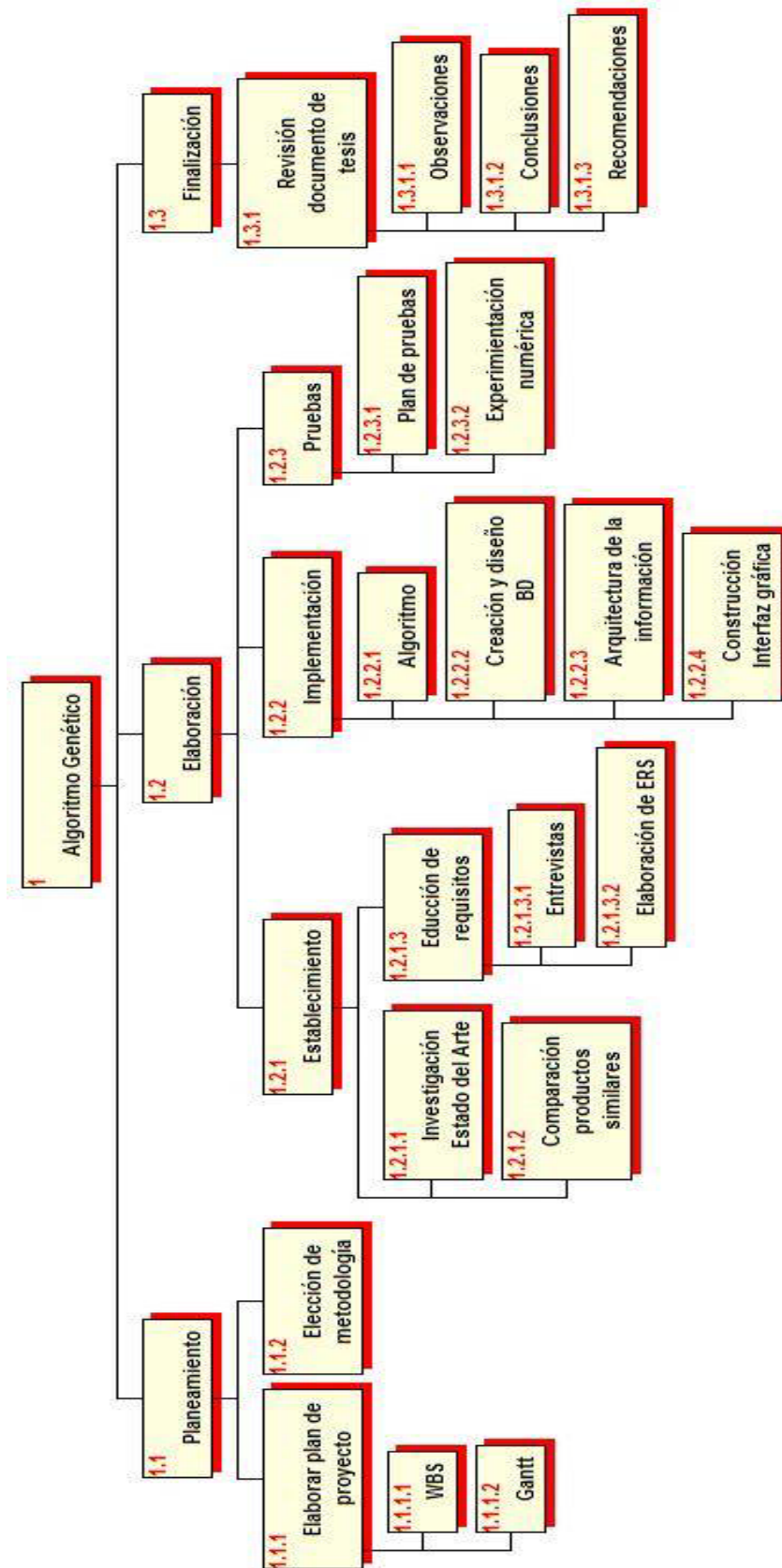


Figura 1.2 WBS del proyecto

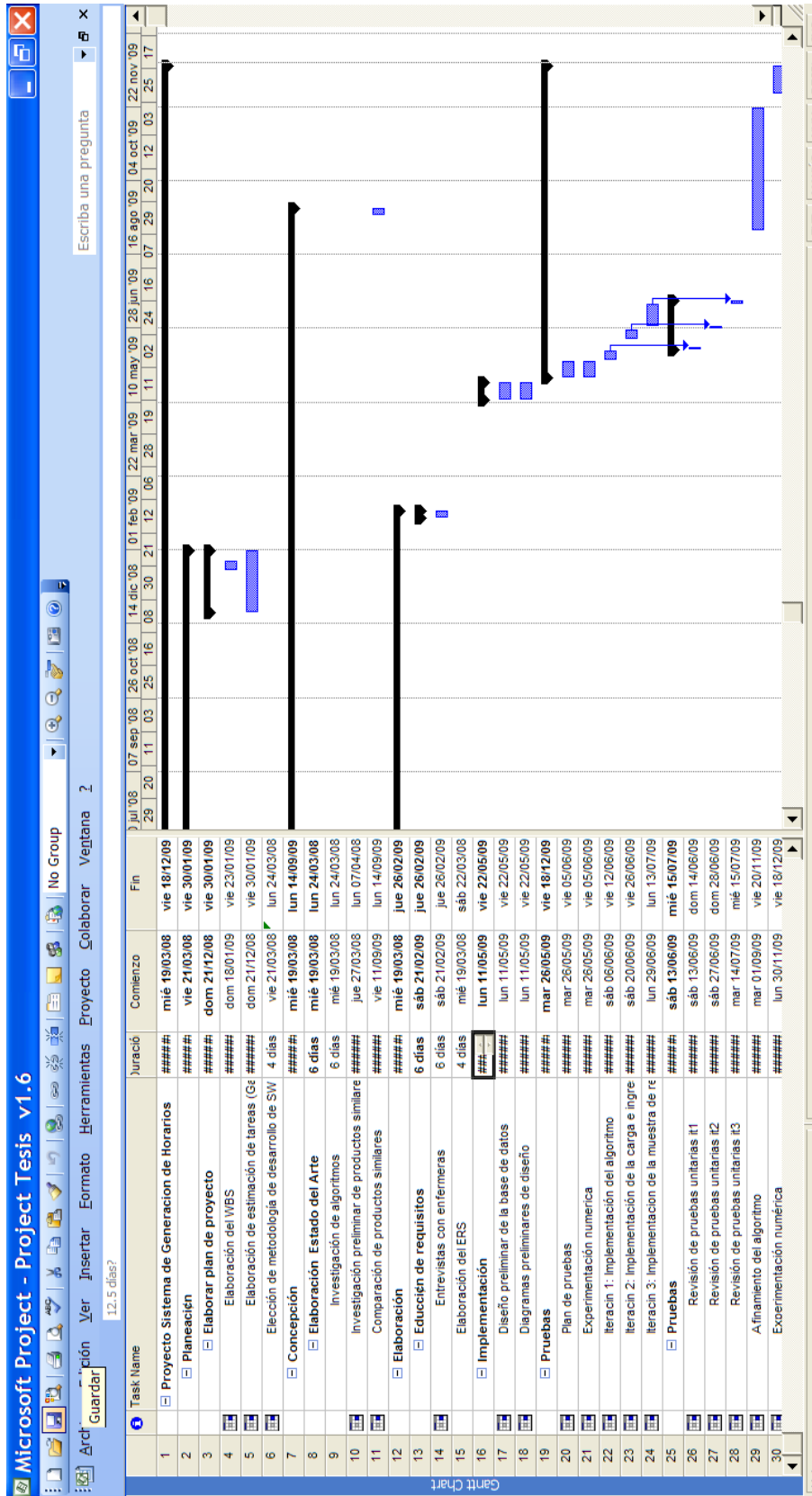


Figura 1.3 Gantt del proyecto

## 1.7 Estado del Arte

En la literatura revisada se ha encontrado sistemas de información con las funcionalidades deseadas e investigaciones sobre algoritmos de resolución del problema de asignación de horarios.

### 1.7.1 Sistemas existentes

- GPT [GPT07]: de ILOG. Es una solución específica para la Gestión y Planificación de Turnos para Hospitales (GPT) que asegura en todo momento la mejor adecuación entre la demanda de presencia de profesionales y el cumplimiento de las normas que regulan los tiempos de trabajo y descanso del personal. Aunque existen algunas soluciones informáticas que pretenden resolver esta problemática, su principal aportación se ha limitado a la sustitución del papel por la pantalla, sin descargar a los responsables de la trabajosa introducción de múltiples datos ni simplificar el proceso de planificación. La solución se compone de dos módulos básicos, Planificación y Gestión. En el área de la Planificación, GPT permite la definición del organigrama de Unidades Funcionales de planificación y de la normativa vigente mediante patrones de turnos. Algunas características:
  - Planificación automática con potente capacidad de cálculo para la resolución de problemas complejos
  - Rápido re-cálculo ante incidencias que pudieran alterar el plan de turnos previsto
  - Interfaz gráfica intuitiva que facilita el registro de intercambios de turnos y la realización de desprogramaciones manuales
  - Permite desprogramaciones manuales o automáticas en caso de incidencias.
  - Permite obtener completos informes de programación de la jornada mensual, de la actividad laboral anual, notas simples e incidencias en múltiples formatos (MS Excel, PDF, XML).
  - GPT es una aplicación basada en web y puede funcionar de modo independiente o integrada con otras aplicaciones informáticas de gestión de RR.HH y Nómina.
  - Permite que los empleados puedan acceder vía Web a su respectiva programación.

Apellidos y nombre	L 31	M 01	X 05	J 09	V 20	S 05	D 06	L 06	M 06	X 06	J 07
Calvo Cuatzi, Diana	T	T	L	N	N	-	-	DF	L	T	T
Calvo García, Eva	L	M	M	M	M	M	M	DF	N	N	-
Diaz Diaz, Nieves	N	N	-	-	DF	M	M	M	M	L	N
Fernández Lucena, Soledad	M	L	M	M	M	DF	N	N	-	-	L
Fernández Marín, Rosa	L	L	T	T	T	T	N	N	-	-	DF
Gil Martín, Dolores	M	M	L	DF	N	N	-	-	L	M	M
Oscar Saguro, Mercedes	T	T	N	N	-	-	DF	L	T	T	T
López García, Yolanda	N	N	-	-	DF	T	T	T	T	L	L
Pérez Urbaga, Ana	M	M	N	N	-	-	DF	M	M	M	N
Ros Pérez, Cecilia	T	T	T	T	DF	T	T	T	N	N	-
Sánchez Oubérez, Concepción	L	L	T	T	T	T	N	N	-	-	DF

Figura 1.4 Interfaz de un reporte de GPT

- SP-EXPERT [INT92]: de Inteflex. Este sistema libera a los gestores responsables de las tareas rutinarias tales como la verificación de las normas del convenio laboral o de la observancia de las reglas de los límites de tiempo de trabajo. Permite generar informes, Web Reporting, información actualizada (por ejemplo, detalles de las vacaciones pendientes), datos históricos (por ejemplo, los niveles históricos de dotación de personal según demanda). Las siguientes son algunas de las características:
  - Diseñada para integrarse con los sistemas subyacentes de nómina, RRHH y control de presencia, así como con sistemas de análisis de la producción y de la demanda.
  - Permite la conexión online con Terminales de Control de Presencia de tarjeta de proximidad.
  - Los empleados pueden recuperar, visualizar y registrar sus turnos, introducir sus preferencias, solicitar permisos y peticiones de intercambio de turno (shift swap) y actualizar los registros en la base de datos a través del Web Terminal de SP-EXPERT.
  - Integración de los empleados en los procesos mediante workflow: solicitud de permisos, intercambio de turnos (shift swap) y necesidades de formación.
  - Incluye un motor de informes de Business Objects “Crystal Reports”
- TECNOHOSPITAL [TEC00]: de Coprava. Este módulo de TecnoHospital genera automáticamente la planificación de turnos por defecto, en base a unos parámetros definidos inicialmente y que pueden ser modificados con posterioridad para conseguir la planificación deseada.

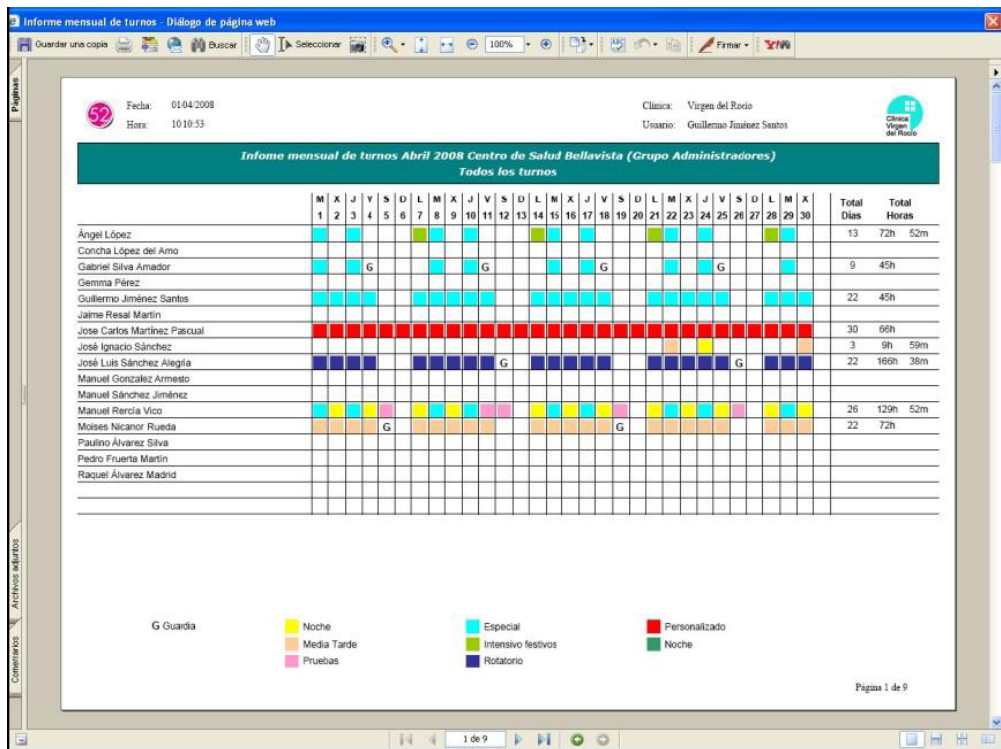


Figura 1.5 Interfaz de un reporte de TecnoHospital

Además, informa de las coberturas existentes para cada área de trabajo, controla las presencias en cada turno e informa puntualmente y al detalle a cada miembro del equipo del turno que le ha sido asignado en cualquier fecha del calendario. El sistema esta en español. Al tratarse de un sistema Web multicentro, permite la programación centralizada o distribuída para cualquiera de los centros de trabajo y sus áreas. Toda esta información se puede exportar a informes detallados por turno, por trabajador, por área o centro, de tal forma que es posible manejar la información en diferentes formatos para evitar errores como se muestra en la figura 1.5.

- OPTIHPER [OPT00]: Desarrollado por la Universidad Politécnica de Valencia. Es un sistema software para la asignación automática de horarios y tareas al personal de una empresa teniendo en cuenta: el conjunto de tareas a realizar, el personal disponible y su cualificación y demás restricciones y preferencias de negocio. El Sistema dice ser flexible y adaptable a diversas tipologías de tareas, carga de trabajo requerida, restricciones, etc., así como a las diferentes capacidades, turnos, disponibilidad y preferencias del personal y de la organización. El sistema es capaz de resolver problemas de asignación muy complejos y con gran volumen de tareas/personas en tiempos computacionales muy bajos. El sistema esta en español y está implementado en ANSI C, es multiplataforma (UNIX, LINUX, MS Windows, etc.) y no hace uso de rutinas o código protegido por terceros. En la figura 1.6. se puede apreciar parte de la lógica del sistema para un cierto escenario.
- DROSTER de Kappix [DRO00]. El sistema puede ser aplicado a cualquier negocio u organización – equipo de enfermería, equipo de médicos, hotelería y hospedaje, restaurantes, instituciones académicas, servicios de delivery, personal de limpieza y mantenimiento, entrenadores, empleados de mesa de ayuda, servicio de transporte, azafatas, agencia de viajes. Este sistema permite organizar asignaciones y reaccionar a cambios en los listados, aplicar reglas a los listados e imprimir cronogramas en una variedad de reportes. No hay límites en el número de turnos que se puede ingresar o en el número de empleados que se puede administrar con él.

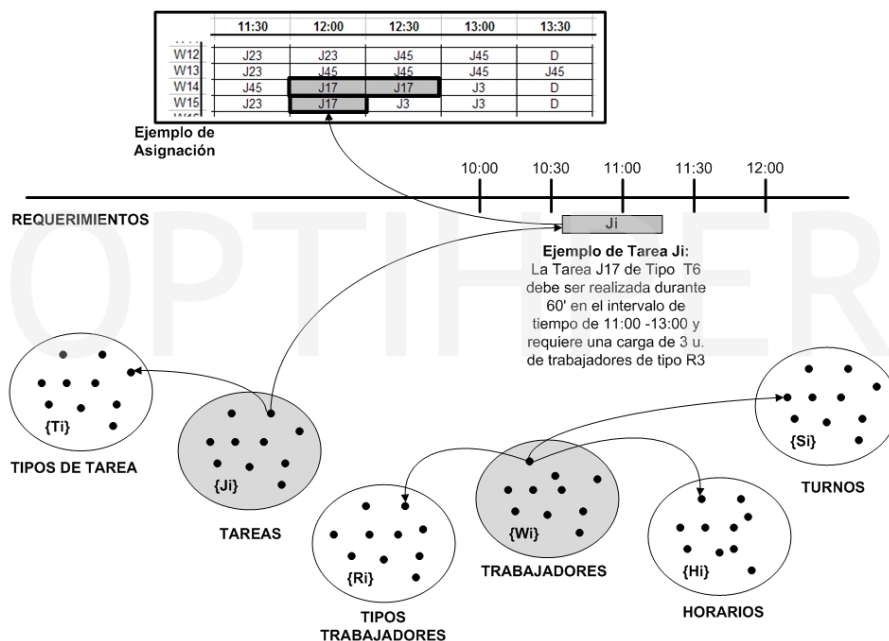


Figura 1.6 Ejemplo de escenario en el sistema OPTIHPER



Tiene un motor basado en reglas y maneja una cantidad ilimitada de lugares y personas. Los formatos en que puede exportar los reportes son: txt, htm, rtf, xls, tiff, gif, bmp, jpeg, pdf. Permite también manejar un planificador con vistas Diarias y Horarias que ofrece la segmentación de tiempo necesaria como se puede apreciar en la figura 1.7. El sistema esta en inglés.

- TIME TRACKER [TTR00]: de Asgard Systems. Este sistema permite al usuario manejar grandes y complejos horarios de personal. Almacena la información de cada horario generado. Tiene la opción de escoger un empleado especificando el tipo de empleado o un atributo de este para ver la cantidad de turnos y en qué días tiene cada uno. El sistema valida todos los eventos del proceso y aviso en caso de conflicto o incumplimiento de las restricciones impuestas. El resultado puede ser mostrado en distintas vistas para el enfoque que más le convenga al usuario.

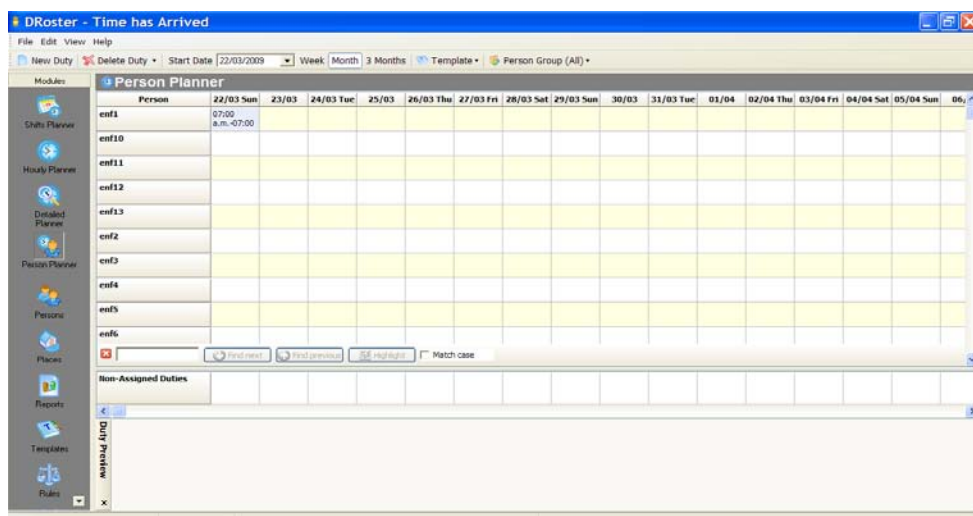


Figura 1.7 Interfaz de asignación de horario

Para poder resumir cada una de las características de los sistemas encontrados, se presenta un cuadro comparativo de las principales funcionalidades que ofrecen los sistemas antes descritos (Tabla 1.2).

Funcionalidad	GPT	SP-EXPERT	TECNODOCTOR	OPTIHPER	DROSTER	TIME TRACKER
Genera automáticamente el horario	X	X	X	X		
Modificación de parámetros iniciales			X		X	X
Información al empleado a través de un portal Web o correo electrónico.	X	X	X			
Manejo de gran cantidad de datos			X	X		
Permite intercambiar fácilmente los turnos entre empleados	X		X	X		X
Permite satisfacer las preferencias del personal	X	X		X	X	X
Presentación del horario en diferentes formatos	X	X			X	X
Registro de empleados y sus atributos						X
Multiplataforma				X		

Tabla 1.2 Cuadro comparativo de los sistemas en el mercado

### 1.7.2 Algoritmos aplicados para resolver el problema

Existen muchas investigaciones sobre el problema de nurse scheduling y muchas publicaciones también sobre los algoritmos implementados para la solución de este problema. La mayor parte de los algoritmos de búsqueda tratan de establecer un equilibrio entre la explotación y exploración, aunque muchos de ellos se inclinan hacia una mayor exploración (aleatoriedad) o explotación (determinismo).

En algunos problemas donde el espacio de búsqueda es suficientemente pequeño y enumerable, se pueden usar métodos de búsqueda exhaustiva o enumerativa. Entre ellos los más reconocidos son:

#### Branch and bound

Este método se realiza estableciendo una cota inferior a la posible solución (o superior, si se trata de minimizar). Se va siguiendo una rama del árbol de posibles soluciones, hasta que se encuentra que la solución parcial es menor que esa cota; en ese caso, se descarta la rama completa [JJM09]. Muchos métodos de soluciones se basan en este algoritmo. Un ejemplo de la aplicación de este algoritmo a este problema es [TMW76].

Los problemas que tienen un espacio de soluciones bastante grande utilizan los métodos de búsqueda global que tratan de escaparse de los máximos locales, explorando con más eficiencia el espacio de búsqueda. Generalmente, añaden algún componente aleatorio a la búsqueda, de forma que, si se encuentra un mínimo local, se salte a otro punto del espacio de búsqueda, donde pueda haber otro máximo, posiblemente global [JJM09].

#### Tabú

En [LLR03] se aplica un híbrido de la búsqueda tabú e inteligencia artificial para el problema general de asignación de horarios a empleados. Este incorpora la disponibilidad de empleados para días específicos de la semana y horas del día, unión y manejo de la jerarquía de las reglas y las restricciones no homogéneas debido a los diferentes tipos de habilidades y diferentes niveles adquiridos. Otro artículo que resuelven este problema con el método Tabú es [KJM00].

#### Simulated Annealing

Este algoritmo es aplicado por Brusco y Jacobs en un modelo flexible con más de 2 millones de variables y muestra la alta calidad de las soluciones que pueden ser obtenidas en un corto tiempo [BRJ76]. Este algoritmo consiste en un procedimiento de ascenso de gradiente, pero tal que no siempre se escoge la mejor solución; dependiendo de una temperatura, la probabilidad de escoger una solución peor que la actual va descendiendo con el tiempo, hasta que al final del algoritmo, cuando la temperatura es 0, se escoge de forma determinista siempre la mejor solución [JJM09].

#### Genéticos

Muchos problemas de búsqueda de soluciones han sido resueltos implementando esta clase de algoritmos<sup>4</sup>. También se ha resuelto el problema

---

<sup>4</sup> Búsqueda de solución es una forma de búsqueda de data (binary search) y búsqueda del camino para una meta (cuya solución consiste en buscar eficientemente una serie de acciones que nos lleven de un estado inicial a una meta) [MIT98].

de la asignación de horarios para médicos residentes que es muy parecido al problema de asignación de horarios para el personal de enfermería salvo por los mayores privilegios que tienen los médicos para escoger sus horarios [CLM07]. Esta investigación realiza la introducción de un operador de mutación diferente.

Hay muchos parámetros que configuran la aplicación de un algoritmo genético, entre ellos: las tasas de crossover y mutación (porcentaje de individuos de una generación a casar y/o mutar respectivamente), la forma de selección de los individuos a casar y/o mutar y la forma de reemplazar los individuos con los individuos generados por los operadores en las poblaciones futuras. Para cada tipo de problema e instancias de uno mismo (combinación de diferentes valores de variables o entradas de un problema), el valor de cada uno de los parámetros que optimicen la solución generada puede ser diferente. Es decir, para algunas instancias se utilizará ciertos valores de parámetros y para otras instancias, otros valores.

Existe una variedad de operadores de casamiento o crossover y para ellos se debe hacer un análisis profundo sobre la representación del problema y la estructura del cromosoma. Cada trabajo de investigación aporta nuevas formas de implementar estos operadores. Entre las principales o más conocidas formas de crossover está las que se mencionan en [SSD08]: Single Point Crossover, Two Point Crossover, Multi-Point Crossover, Uniform Crossover, Three Parent Crossover, Crossover with reduced surrogate, Shuffle crossover, precedente preservative crossover, ordered crossover y partially matched crossover. Ocurre lo mismo en el operador de mutación, entre las principales están: Flipping, Interchanging, Reversing.

La forma de seleccionar a los individuos a los que se les aplicará los operadores determina la convergencia del algoritmo. Esto se debe a que con una mayor presión de selección, el algoritmo convergerá más rápido muy probablemente en una solución incorrecta u óptimo local y con una presión de selección débil, la evolución será lenta e innecesaria [SSD08]. La forma más usada de selección es Roulette Wheel Selection (método de la Ruleta), en la cual se asigna al individuo una probabilidad de ser escogido en proporción a su fitness con respecto a los otros individuos de la población. Luego se escoge un valor aleatorio entre 0 y la suma de los valores de fitness de todos los individuos de la población. Por último se va "pasando" sobre cada individuo y se va sumando los fitness de estos hasta que se alcance el valor aleatorio generado. Otras formas de selección son: Random Selection, cuyo nombre sugiere la manera en que se lleva a cabo la selección, Rank Selection que trabaja bajo la misma lógica de la ruleta pero la diferencia es que asigna a sus individuos una porción no solo en base al valor de fitness del individuo sino también en el ranking de éstos en la población, para así no sobrevalorar a los individuos que tienen mejores fitness. Tournament Selection es otra forma de selección bastante aplicada que utiliza dos un parámetro  $k$  (con valor por ejemplo de 0.75) y un valor aleatorio  $r$  que se compara contra  $k$ . Luego se escogen aleatoriamente dos individuos, se comparan sus fitness y si  $r > k$  se selecciona al individuo con mejor fitness. Por último también están la Boltzman Selection y la Stochastic Universal Sampling.

La forma en que será reemplazada la población actual, podría ser totalmente aleatoria, sustitución de los padres menos buenos o el reemplazo de los dos padres [SSD08]. Nombraremos algunas de las formas más utilizadas en la

literatura aplicada: Random Replacement, Weak Parent Replacement, Both parents.

## 1.8 Descripción de la solución

En el problema objeto de estudio se maneja una gran cantidad de parámetros debido a que en una instancia promedio de prueba, se contarán con 20 enfermeras, 30 días en el periodo para el cual generar el horario y 6 tipos de turnos diferentes. La solución propuesta deberá cumplir con los requisitos del servicio, las consideraciones del hospital hacia las enfermeras y tratar de cumplir con la mayoría de preferencias de enfermeras.

Dada la magnitud de datos e información a tomar en cuenta se presenta una solución meta-heurística para generar un horario. La solución meta-heurística escogida es un algoritmo genético adecuado al caso de estudio cuyos parámetros generales, como individuos en la población, porcentaje de población a casar y porcentaje de población a mutar, serán determinados de acuerdo a un conjunto de pruebas y análisis de las mismas. Los operadores utilizados también ayudarán a la respectiva exploración y explotación del espacio de soluciones. Es decir, que diversifican la búsqueda para encontrar la solución óptima global e intensifican la búsqueda para encontrar una solución óptima local, respectivamente. Alternando estos dos tipos de búsqueda se puede asegurar que se llegará a encontrar sino la óptima, una buena solución.

La interfaz a desarrollar será la básica para el ingreso de datos como la selección de enfermeras cabezas de grupo y la selección de las enfermeras que salen de vacaciones en el mes a programar. Las preferencias de las enfermeras serán cargadas mediante archivo para simplificar la funcionalidad de las sesiones futuras que cada una tendrá que iniciar para ingresarlas. La solución generada se exporta a un archivo .xml para su posterior uso en la elaboración de un horario futuro.

## 2 Capítulo 2: Análisis

En este capítulo se presenta el análisis de la solución a implementar. En la primera sección se detalla la metodología a usar y se explican las actividades que se llevarán a cabo para cumplir con éxito el proyecto. La segunda sección presenta los requerimientos que el sistema cumplirá y la tercera sección detalla el análisis hecho de la solución y su viabilidad técnica y económica.

### 2.1 Definición de la metodología de la solución

La metodología a usar para el desarrollo del software fue una versión modificada de XP<sup>5</sup> combinada con algunos documentos de la metodología RUP<sup>6</sup>. Se tuvo cuidado de seguir la correcta secuencia de etapas y actividades que plantean estas metodologías para así garantizar la calidad del producto. Con esta combinación se buscó un complemento entre las metodologías para el rápido pero bien documentado desarrollo del proyecto.

En la etapa de Concepción se investigó sobre los algoritmos aplicados al problema y se profundizó en los algoritmos genéticos aplicándolos al problema de la programación de horarios al personal de hospital. Se realizó también en esta etapa el diseño del algoritmo, las estructuras principales y auxiliares que utiliza y la forma en que presenta los resultados. Los documentos a presentar de esta etapa son los story cards (historias de usuario de XP), cuyo objetivo es lograr un acuerdo del alcance que el usuario entienda mejor. Por otro lado, el detalle de estas historias de usuario (Anexo 1) generará el documento básico de especificación de requisitos de RUP, y un documento de diseño. El documento de especificación de requisitos (Anexo 2) tiene como objetivo brindar un panorama más profundo del sistema para el usuario explicando las funcionalidades y pasos a seguir de forma preliminar y general. El documento

---

<sup>5</sup> XP son las siglas de Extreme Programming. Metodología creada por Kent Beck.

<sup>6</sup> RUP son las siglas de *Rational Unified Process* o Proceso Unificado Racional para el desarrollo de software

de diseño (Anexo 3) tiene como objetivo modelar el flujo del sistema, las clases más importantes de este y su forma de interacción.

En la etapa de Elaboración se llevó a cabo entrevistas con las jefas de servicio (Anexo 4) y encuestas orales con las enfermeras, estas se realizaron en el hospital. Los documentos que se presentarán como anexos son las transcripciones de las entrevistas con las jefas de algunos servicios. Cabe mencionar que se entrevistaron a varias jefas de servicio para un que en un futuro alcance del proyecto se puedan atender las diferentes formas que tienen ellas de realizar la tarea.

En la etapa de Construcción o realización de iteraciones se utilizará el lenguaje de programación java para la implementación de la aplicación. Se presentará para esta etapa un conjunto de pruebas de calibración de los parámetros del sistema (capítulo 4).

## 2.2 Identificación de requerimientos

Si bien el caso de estudio es del servicio de Cirugía y radioterapia Después de las entrevistas sostenidas con 3 jefas de diferentes servicios del INEN se pudo identificar las siguientes consideraciones que cada una tiene para elaborar un horario:

- 1) Se procura tener en cada uno de los turnos del mes a una enfermera hábil o con mucha experiencia y una enfermera sin tanta experiencia o no tan hábil.
- 2) Tratar de asignar los horarios que cada enfermera quiere en cada día. Es decir cumplir con la preferencia de tener o no tener determinado turno en un día.
- 3) Tener en cuenta que la cantidad necesaria de enfermeras los sábados y domingos es diferente a la cantidad de enfermeras que asignan un día lunes o martes.
- 4) Se forman parejas de trabajo que tienen casi siempre los mismos turnos cada día del mes a programar.
- 5) Existen algunas enfermeras mayores a 50 años que pueden acogerse a una ley que las eximen de tener guardias nocturnas, entonces hay que tomar en cuenta que a estas enfermeras no se les puede asignar este tipo de guardias.
- 6) Si hay enfermeras contratadas nuevas que ingresan al servicio se procura que no tengan muchas guardias nocturnas para que aprendan y ganen experiencia durante sus turnos de día.

De estas entrevistas se pudo deducir que hay parámetros y recomendaciones generales que todas siguen para elaborar un horario pero también existen particularidades en la forma de agrupar a las enfermeras y/o en la atención a las preferencias que se les da para la respectiva elección de turnos o cambios, etc. Por este motivo se generalizan en los siguientes requerimientos la mayor parte de las consideraciones con las enfermeras en cada servicio.

A pesar de que para cada condición de una enfermera (nombrada o contratada) existen algunas diferencias con respecto a la forma de asignar turnos, se considera para el alcance de este proyecto que las dos condiciones son iguales.

## 2.2.1 Requerimientos funcionales

### 2.2.1.1 Módulo de configuración inicial

- 1) El sistema permitirá cargar información de las enfermeras como cumpleaños y condición.
- 2) El sistema permitirá cargar la información sobre la cantidad de enfermeras que se requieren para cada uno de los turnos de cada día del mes.
- 3) El sistema permitirá seleccionar a una cantidad de enfermeras cabezas de grupo para que lideren cada uno de los grupos de trabajo en un turno.

### 2.2.1.2 Módulo de ingreso de preferencias

- 1) El sistema permitirá registrar todas las preferencias que una enfermera tenga en el mes a elaborar el horario. Para el alcance del proyecto se registrarán estas preferencias en un archivo que luego el sistema cargará.

### 2.2.1.3 Módulo de generación de horario

- 1) El sistema generará un horario tomando en cuenta todos los requerimientos del servicio.
- 2) El sistema generará un horario que cumpla que para cada enfermera sean asignadas 150 horas de trabajo. Es decir el sistema generará un horario que asigne a cada enfermera nombrada 10 turnos de guardias (máximo 6 guardias nocturnas) y dos turnos T40 y un turno T60. Por las entrevistas tenidas con las jefas de servicio se sabe que todas las enfermeras siempre desean hacer las 6 guardias nocturnas (T87) debido a que se les remunera más en un turno de este tipo. En consecuencia harán 4 guardias diurnas (T86). En caso la enfermera cumpla años en el mes a programar, el sistema le asignará 10 turnos de guardias (máximo 6 guardias nocturnas), 2 turnos t18, 1 turno t72, 1 turno t72, en vez de los 4 turnos T86.
- 3) El sistema generará un horario que cumpla con asignar para cada turno la cantidad de enfermeras indicadas por la jefa de servicio.
- 4) El sistema generará un horario que cumpla que para cada turno de guardia nocturna asignado a una enfermera, los turnos asignados de los siguientes dos días sean libres.
- 5) El sistema generará un horario que para cada enfermera (nombrada o contratada) tome en cuenta el criterio anterior entre el mes a programar y el mes anterior (dos días libres después de una guardia nocturna).
- 6) El sistema generará un horario que no asigne al personal a algún turno el día de su onomástico.
- 7) El sistema generará un horario que cumpla con la mayoría de las preferencias ingresadas por las enfermeras. El sistema debe tomar en cuenta que es preferible cumplir en promedio con la misma cantidad de preferencias por cada enfermera.
- 8) El sistema permitirá escoger una cantidad determinada de enfermeras que estén presentes en todos los turnos de cada día y serán enfermeras cabezas de grupo.

## 2.2.2 Requerimientos no funcionales

- 1) Tomar en cuenta para el desarrollo, la escalabilidad del sistema para una futura comunicación con el Sistemas de Recursos humanos.



- 2) El tiempo de respuesta de una solución no debe pasar los 60 minutos.

## 2.3 Análisis de la solución

### 2.3.1 Evaluación de la viabilidad del sistema

Las horas empleadas para la asignación de los horarios supone un trabajo extra para la jefa del servicio, trabajo que es realizada fuera de las horas laborables del hospital, generalmente en la casa de cada una de las jefas de servicio. El sistema aportaría rapidez y eficiencia en la realización de esta tarea.

Además, según estudios realizados existe una gran relación entre la satisfacción del personal y la satisfacción del paciente. Si se logra identificar y atender a las preferencias de turnos del personal, se incrementará su motivación y su trabajo será mejor. Así se ayudará también al cumplimiento de la misión de un servicio de hospital. [EAL03].

El desarrollo de este sistema se amoldará a las necesidades exactas del caso de estudio (la Unidad de Cirugía y Radioterapia): los turnos que en él se emplean y los requisitos que se deben cumplir en el servicio para generar el horario del personal.

### 2.3.2 Análisis Técnico Económico

La gestión del proyecto y el análisis, diseño e implementación del sistema estará a cargo de la tesista.

Para el análisis del sistema y respectiva educación de requisitos se llevaron cabo entrevistas con las jefas de algunos servicios del hospital y se requerirá aproximadamente media hora de su tiempo de trabajo para realizarlas.

Además de las entrevistas con las jefas de servicio se llevará a cabo una entrevista con el jefe del departamento de Sistemas del INEN que también requerirá media hora de su tiempo.

La programación del sistema también estará a cargo de la tesista. El sistema estará implementado en JAVA y se pretende alojar la BD en los servidores del INEN.

Se considera que el desarrollo de este sistema proporcionará satisfacción a las enfermeras del servicio ya que les permitirá escoger una determinada cantidad de preferencias sobre sus días de trabajo y por ende una mayor comodidad con sus horarios y motivación de trabajo.

### 3 Capítulo 3: Diseño

En este capítulo se muestra el diseño de la aplicación en varios aspectos tanto el diseño del algoritmo como el diseño de arquitectura, interfaz gráfica y arquitectura de la información que serán definidos de manera tal que se integren al algoritmo y permitan su mejor desarrollo.

#### 3.1 Arquitectura de la información

En esta sección se describe la forma en que se distribuye la información y la razón por la cual se distribuye de cierta manera.

Un sistema generador de horarios debe poder interactuar con varios otros sistemas de la organización [PIN02], en este caso del hospital. El sistema deberá poder recibir y procesar información sobre los requerimientos generales del servicio, cuyo establecimiento es de carácter gerencial u organizacional, e información personal de las enfermeras. Por otro lado deberá permitir a la enfermera jefa del servicio el ingreso de parámetros de consideración como la enfermera que sale de vacaciones, enfermeras cabezas de grupo, etc.

Dada la diferencia de actualización de cada tipo de información a ingresar, se correrán scripts iniciales para cierta información y se desarrollará una interfaz para el ingreso de otro tipo de información.

La información “estática” del sistema será cargada mediante scripts a la base de datos directamente como parte de la instalación del sistema.

- 1) Script de creación de enfermeras e información personal: que contiene el nombre de las enfermeras, un número correlativo y la fecha de cumpleaños.

- 2) Script de creación de turnos y horas: que contiene el código, la hora de inicio y hora fin del turno.
- 3) Script de requisitos del servicio: que contiene la cantidad mínima y máxima de enfermeras por turno con las que el servicio debe contar.

La información dinámica será cargada cada mes y se podrá ingresar mediante interfaz:

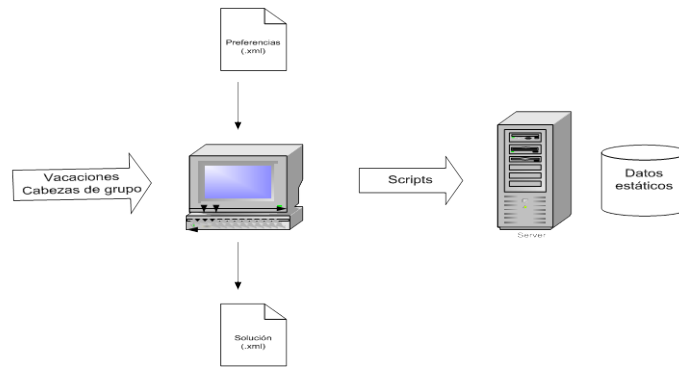
- 1) Información de la enfermera que debe salir de vacaciones y enfermeras cabezas de grupo
- 2) Preferencias de enfermeras: datos como su ID, un día, el turno que quisiera tener ese día (guardia diurna, guardia nocturna, turno 40, turno 60, libre). Para efectos de cubrir el alcance del proyecto, se cargará un archivo con las preferencias de las enfermeras cuya estructura se detalle en la figura 3.1. La primera etiqueta hace referencia al servicio para el cual es la información. El segundo nivel de etiquetas describe los datos de las enfermeras, cada una con los atributos código y nombre. El tercer nivel hace referencia a las preferencias de turnos con los datos del día y el turno deseado. En el ejemplo de la figura 3.1 se aprecia que para la enfermera de código 1 se detallan 3 preferencias. La primera indica que se prefiere el turno libre (codificado como 3 en decimal y 11 en binario), la segunda indica que se prefiere el turno T86 en el día 15 y así sucesivamente.

```
<? xml version="1.0" encoding="UTF-8" standalone="yes" ?>
<Servicio>
  <Enfermera codigo=1 nombre=" Juana Ramirez">
    <Preferencia dia="6" turno="L" />
    <Preferencia dia="15" turno="T86" />
    <Preferencia dia="5" turno="L" />
  </Enfermera>
  <Enfermera codigo=2 nombre="Jenny Cortez ">
    <Preferencia dia="5" turno="L" />
    <Preferencia dia="10" turno="T87" />
    <Preferencia dia="15" turno="T86"/>
  </Enfermera>
  <Enfermera codigo=3 nombre=" Adeli Polanco ">
    <Preferencia dia="6" turno="L" />
    <Preferencia dia="12" turno="T86" />
    <Preferencia dia="18" turno="L" />
  </Enfermera>
  <Enfermera codigo=4 nombre=" Ana Salazar">
    <Preferencia dia="4" turno="T86" />
    <Preferencia dia="24" turno="L" />
    <Preferencia dia="30" turno="L" />
  </Enfermera>
</Servicio>
```

**Figura 3.1 Estructura de archivo de carga de preferencias de enfermeras**

Después de haber almacenado toda esta información en la base de datos, se cargará a estructuras en memoria de la aplicación para poder hacer las respectivas comparaciones y evaluar las restricciones del problema.

Después de elaborada la solución del problema, este se mostrará gráficamente en pantalla y será exportable a un documento Excel.



**Figura 3.2 Arquitectura de la información**

El horario generado será almacenado en un archivo .xml y debe contener la información sobre el turno que cada enfermera tiene cada día del periodo del horario generado, como se muestra en la figura 3.3.

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" standalone="yes"?>
<Solucion>
  <Enfermera nombre="Juana Ramirez">
    <Dia numero="1" turno="T86"/>
    <Dia numero="2" turno="T87"/>
    <Dia numero="3" turno="L"/>
    <Dia numero="4" turno="L"/>
    <Dia numero="5" turno="T86"/>
    <Dia numero="6" turno="T87"/>
    <Dia numero="7" turno="L"/>
    <Dia numero="8" turno="L"/>
  </Enfermera >
  <Enfermera nombre="Jenny Cortez">
    <Dia numero="1" turno="T86"/>
    <Dia numero="2" turno="T87"/>
    <Dia numero="3" turno="L"/>
    <Dia numero="4" turno="L"/>
    <Dia numero="5" turno="T86"/>
    <Dia numero="6" turno="T87"/>
    <Dia numero="7" turno="L"/>
    <Dia numero="8" turno="L"/>
  </Enfermera >
  <Enfermera nombre="Adeli Polanco">
    <Dia numero="1" turno="T86"/>
    <Dia numero="2" turno="T87"/>
    <Dia numero="3" turno="L"/>
    <Dia numero="4" turno="L"/>
    <Dia numero="5" turno="T86"/>
    <Dia numero="6" turno="T87"/>
    <Dia numero="7" turno="L"/>
    <Dia numero="8" turno="L"/>
  </Enfermera >
  <Enfermera nombre="Ana Salazar">
    <Dia numero="1" turno="T86"/>
    <Dia numero="2" turno="T87"/>
    <Dia numero="3" turno="L"/>
    <Dia numero="4" turno="L"/>
    <Dia numero="5" turno="T86"/>
    <Dia numero="6" turno="T87"/>
    <Dia numero="7" turno="L"/>
    <Dia numero="8" turno="L"/>
  </Enfermera >
</Solucion>
```

**Figura 3.3 Estructura del archivo solución**

### 3.1.1 Arquitectura de la solución

La solución estará desarrollada en 4 capas con un esquema Cliente Servidor. La primera capa de interfaz o GUI, la segunda capa de Business Entities, la tercera capa de Business Model y por último la capa de Data Access. A continuación se explica con 0e16r detalle cada una de estas capas:

- 1) GUI: en esta capa se crean los formularios para la interacción con el usuario de todos los módulos.
- 2) Business Logic: en esta capa se encuentra la lógica del negocio y el algoritmo. Por otro lado se encuentra también el proceso de carga de datos desde archivos y la transformación de las estructuras input del algoritmo.
- 3) Business Entities: esta capa contendrá las estructuras representantes de las entidades del sistema.
- 4) Data Access: esta capa interactúa directamente con la base de datos

El sistema a desarrollar en el presente proyecto tendrá 3 módulos para la debida gestión de los horarios generados:

- 1) Módulo de configuración inicial

Este módulo se utilizará para ingresar los datos que la jefa de servicio maneja para la generación del horario de un mes. Estos datos se componen de la identificación de la enfermera que cumpla años en el mes a programar, la identificación de la enfermera que esté de vacaciones en dicho mes, la cantidad de enfermeras mínima en cada turno en cada día, cantidad de turnos de cada tipo a cumplir en el mes, para cada tipo de condición de enfermera. Por el alcance del proyecto algunos de estos datos serán ingresados manualmente y algunos otros serán cargados mediante scripts iniciales de la aplicación.

- 2) Módulo de preferencias

En este módulo las enfermeras podrán colocar todas las preferencias de turnos que deseen. Es decir, seleccionarán los días en los que quisieran tener determinado turno (guardia diurna, nocturna, día libre, etc.). Esta información será ingresada para cada instancia del problema.

- 3) Módulo generador

En este módulo se escogerá el mes para el cual hacer el horario. Se resolverá el problema de la programación de horarios para el personal de enfermería con un algoritmo genético adecuado a las especificaciones del caso de estudio. La construcción de este módulo representa un papel fundamental en el desarrollo de la solución del problema de generación de horarios. La solución metaheurística planteada para resolver este problema, simula la forma inteligente, aleatoria, combinatoria y manual que realiza la jefa del servicio para la asignación de los horarios a su personal.

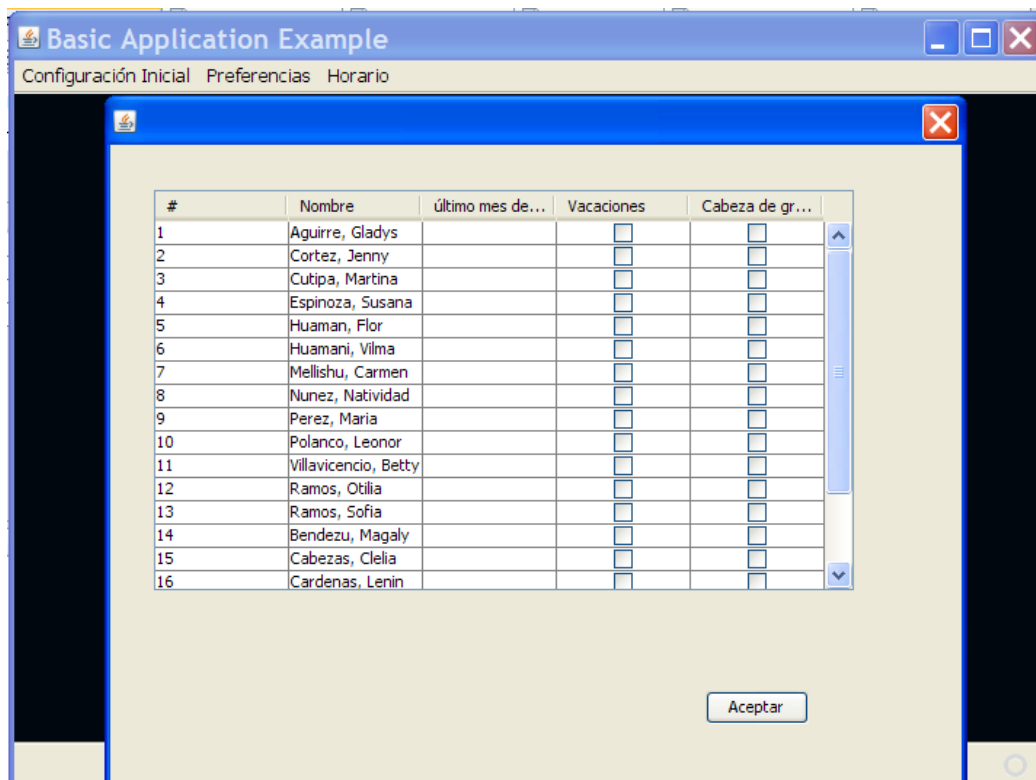
Los operadores del algoritmo se construirán especialmente adaptados a la estructura escogida de la solución y serán detallados en la sección 4.1.1.5. Los parámetros del algoritmo estarán previamente determinados en el código de este. Luego se generará el horario con los parámetros establecidos en el módulo de configuración de parámetros y en el módulo de preferencias. Este módulo también revisará el horario generado del mes anterior para poder tomar

en cuenta los horarios asignados en los últimos días para cada enfermera y no incumplir en las consideraciones para con ellas. Es decir, el caso de no asignar algún turno en los dos siguientes días después de una guardia nocturna. Para efectos de simplificar los requerimientos que debe cumplir el sistema, se tomarán los turnos asignados cuando una enfermera cumple años ( $t_{18}$  y  $t_{72}$ ) como si fueran turnos  $t_{40}$  y  $t_{60}$  y estos a su vez como turnos  $t_{86}$  debido a la diferencia casi solo en nombre entre ellos. El algoritmo revisará al final de su ejecución que persona cumple años y reemplazará los turnos  $t_{40}$  y  $t_{60}$  por los respectivos turnos  $t_{18}$  y  $t_{72}$ .

Esta división de módulos permitirá que a futuro se puedan extender las funcionalidades de cada una de estas para construir una interfaz más amigable y flexible.

### 3.1.2 Diseño de la interfaz gráfica

#### 3.1.2.1 Selección de vacaciones de enfermeras y cabezas de grupo



#	Nombre	último mes de...	Vacaciones	Cabeza de gr...
1	Aguirre, Gladys		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	Cortez, Jenny		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	Cutipa, Martina		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	Espinoza, Susana		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	Huaman, Flor		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6	Huamani, Vilma		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7	Mellishu, Carmen		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8	Nunez, Natividad		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9	Perez, Maria		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10	Polanco, Leonor		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11	Villavicencio, Betty		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12	Ramos, Otilia		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13	Ramos, Sofia		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14	Bendezu, Magaly		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
15	Cabezas, Clelia		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
16	Cardenas, Lenin		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Aceptar

Figura 3.4 Formulario para seleccionar vacaciones de enfermeras y cabezas de grupo

### 3.1.2.2 Carga de preferencias

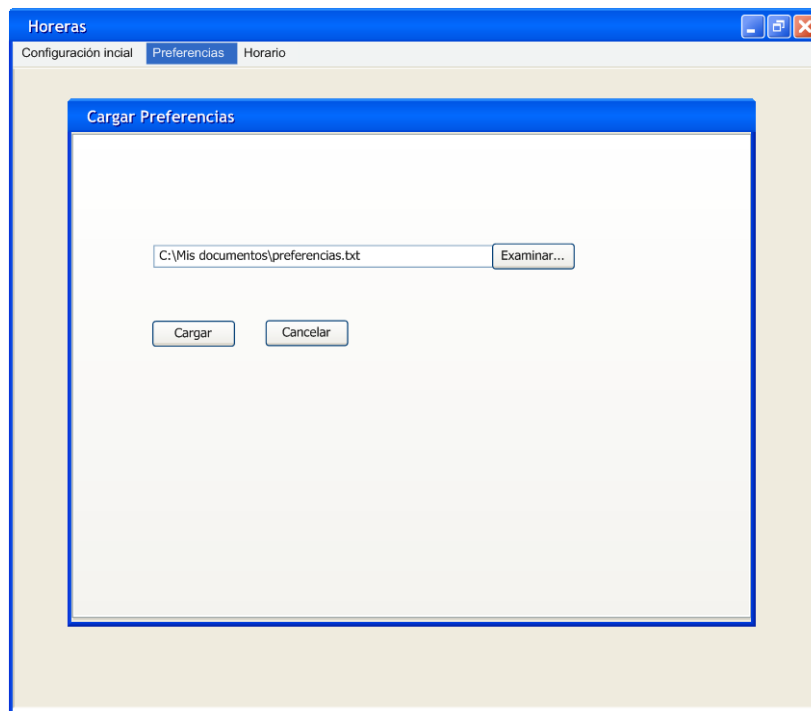


Figura 3.5 Formulario para seleccionar el archivo de preferencias

### 3.1.2.3 Generar horario

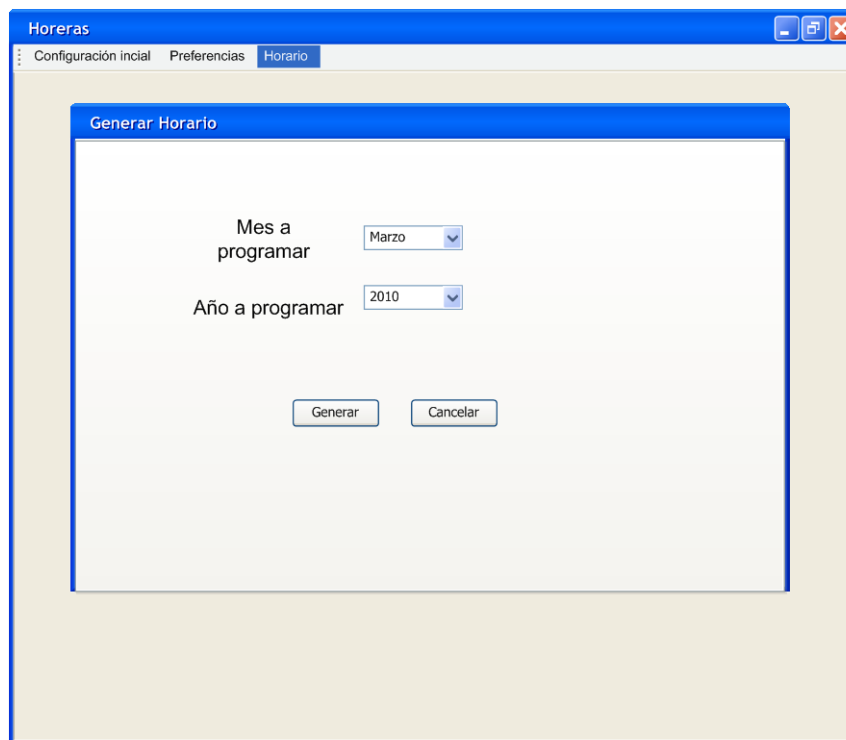


Figura 3.6 Formulario para generar horario

### 3.1.2.4 Ver Horario

Figura 3.7 Formulario para mostrar horario generado

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Aguirre, Elizabeth	T87	L	L	L	T86	T86	T87	L	L	L
Beltrán, Carola	L	L	T86	T87	L	L	L	T86	L	T87
Zavala, Vanessa	L	T86	T87	L	L	L	T86	T86	T87	L
Saenz, Gabriela	T86	T87	L	L	L	T86	T86	T87	L	L
Maldini, Rosario	L	L	L	T86	T87	L	L	L	T86	T86
Gomez, Maria	T87	L	L	L	T86	T87	L	L	L	T86
Perez, Carmela	L	T86	T86	T87	L	L	L	T86	T87	L

Figura 3.8 Vista del horario generado



## 4 Capítulo 4: Construcción

En el siguiente capítulo se explica la construcción del algoritmo basado en el diseño definido en el capítulo anterior. A continuación se detalla también el algoritmo y los parámetros que utiliza para generar las soluciones a las distintas instancias del problema que se puedan presentar.

### 4.1 Construcción

La programación de la aplicación se llevará a cabo en Java, como ha sido mencionado anteriormente. El IDE escogido para la implementación será NetBeans v6.0.1.

La construcción de la aplicación se llevará a cabo en 3 iteraciones. La primera implementará el algoritmo genético completo. La segunda implementará las interfaces de todos los módulos y la carga de datos. En la tercera iteración se implementará el almacenamiento de resultados y la funcionalidad de vista gráfica del horario del módulo de generación de horarios.

#### 4.1.1 Algoritmo

Se presenta a continuación un algoritmo genético para resolver el problema de horarios del personal. Como se menciona en la sección 1.5.2 en el capítulo 1, existe una variedad de algoritmos aplicados a la solución del problema de asignación de horarios para personal. Se ha escogido aplicar algoritmos genéticos en el presente proyecto por su reconocido éxito en este tipo de problemas y porque comparado con la solución que actualmente se tiene para resolver el problema (de forma manual), se puede asegurar que proporcionará mejores resultados con un menor costo (horas de trabajo de la enfermera jefa de servicio).

Se detallará en esta sección la forma en que se crea la población inicial, la estructura escogida para representar el cromosoma y los operadores que se

utilizan, cómo funcionarán y el criterio de selección de los individuos a casarse y mutar.

#### 4.1.1.1 Pseudocódigo

El pseudocódigo de la solución del problema se muestra en las figuras 4.1 y 4.2. y 4.3. En la figura 4.1 se aprecia el pseudocódigo principal, ubicado en la clase AlgoritmoGenético, en la figura 4.2. se presentan las funcionalidades de la clase Cromosoma. Y por último en la figura 4.3 se presentan las funciones utilizadas en la clase Población.

```

Inicio
    Po, H1: listas de soluciones o cromosomas
    Po ← Generar_poblacion_inicial
    Mientras no se cumpla criterio de parada
    {
        P1 ← Seleccionar_padres;
        H1 ← Casar_población;
        P0 ← Reemplazar individuos con H1;
        P0 ← Mutar_población;
    }
Fin
    
```

**Figura 4.1 Pseudocódigo principal**

```

Verificar_aberraciones(cromosoma)
{
    esAberracion ← falso
    Para i: 1 a último_día_mes
        Para j: 1 a cantidadEnfermeras
            Actualizar contadores y banderas
            Si cantidad de enfermeras en guardia diurna < límiteGD
                esAberracion ← verdadero
            Si no existe enfermera cabeza de grupo en guardia diurna
                esAberracion ← verdadero
            Si cantidad de enfermeras en guardia nocturna < limiteGN
                esAberracion ← verdadero
            Si no existe enfermera cabeza de grupo en guardia nocturna
                esAberracion ← verdadero
            Si es cumpleaños de alguna enfermera
                esAberracion ← verdadero
            Si no se cumplen los dos días libres después de una guardia nocturna en los últimos
            días del mes anterior
                esAberracion ← verdadero
        Retornar esAberración
    }

Calcular_fitness(solución)
{
    Sea P estructura igual a cromosoma que representa las preferencias de las enfermeras
    coincidencias ← 0
    Para cada enfermera
        Para cada día
            Si preferencia es igual a turno asignado en solución
                Si preferencia es diferente de no determinado
                    coincidencias ← coincidencias +1
    fitness = coincidencias/totalPreferencias
    Retornar fitness
}
    
```

**Figura 4.2 Pseudocódigo de la clase Cromosoma**

```

Generar_poblacion_inicial()
{
    Cargar X últimos horarios generados con cantidad de días igual al mes actual
    X ← cantidad de horarios pasados cargados
    Y ← cantidad de individuos a generar a partir de cada horario pasado
    For i : 1 to X
        Para j: 1 a Y
            Oj ← Escoger offset aleatorio
            Generar Nuevo Cromosoma en base a Hi y Oj
            Calcular fitness de cromosoma
            Agregar cromosoma a población
    Retornar 100 cromosomas generados
}

Seleccionar_padres_Crossover()
{
    F ← Calcular suma de todos los fitness de la población
    P ← Calcular promedio de fitness de población actual
    L ← Lista de hijos
    Mientras no se alcance la cantidad de hijos necesaria
        P1 ← Seleccionar un padre mediante Tournament
        P2 ← Seleccionar el segundo padre
        H1 y H2 ← Producir hijos de P1 y P2
        Si VerificaAberracion (H1)
            Calcular_Fitness(H1)
            Añadir H1 a L
        Si VerificaAberracion (H2)
            Calcular_Fitness(H2)
            Añadir H2 a L
    Retornar padres
}

Reemplazar y Mutar_población()
{
    Para i: 1 a tamaño de L
        P3 ← seleccionar cromosoma malo por Tournament
        P3 ← reemplazar cromosoma com Hi
        Marcar P3 como reemplazado
    Mientras no se alcance la cantidad necearia de cromosomas mutados
        P4 ← escoger un cromosma de forma aleatoria
        Mutar P4
        Si VerificarAberraciones(P4) = false
            CalcularFitness(P4)
}
    
```

**Figura 4.3 Pseudocódigo de la clase Población**

Primero se crearán los individuos de la población inicial cargando una cantidad determinada de soluciones pasadas para meses con la misma cantidad de días del mes para el cual se está generando el horario. Luego por cada una de estas soluciones anteriores se generarán nuevas soluciones intercambiando los horarios entre las enfermeras. Así, se asegura que no son aberraciones, es decir que cumplan con las restricciones impuestas por la instancia del problema. Luego empiezan las iteraciones del algoritmo y en cada una de ellas se seleccionarán un porcentaje de individuos para reproducirse que luego reemplazarán a otros individuos no tan buenas escogidos pseudo-aleatoriamente. Después se escogerá también un porcentaje de individuos para mutar asegurando que los hijos producidos no sean aberraciones. La condición de parada del algoritmo será si se cumple que ha pasado una determinada cantidad máxima de iteraciones.

#### 4.1.1.2 Código

```
Class AlgoritmoGenetico
{
    public BESolucion Ejecutar(BESolucion pHorarioAnterior,      ArrayList<String>
pArrNombres)
    {
        int i;
        this.poblacion.P_GenerarPoblacionCombinada(pArrNombres);
        for (i = 0; i < this.maxIteraciones; i++) {
            arrHijos = new ArrayList<BESolucion>();
            poblacion.P_TournamentSeleccionCasar(arrHijos);
            poblacion.P_TournamentReemplazoMutar(arrHijos);      }
        cromosomaGanador = this.poblacion.getMejorCromosoma();
        cromosomaGanador.Imprimir();
        return cromosomaGanador;
    }
}
```

Figura 4.4 Clase AlgoritmoGenetico

```
Class BESolucion
{
    public boolean[][][] arreglo;
    int cantDias, cantEnfermeras;
    public static boolean[][][] arregloPreferencia;
    private double salud;
    private long pedazos; // pedazos de la ruleta asignados al cromosoma
    public BESolucion sgte;
    static Random rnd = new Random();

    public void P_Casar(BESolucion pareja, BESolucion hijo1, BESolucion hijo2)
    {
        int indice;
        for(int i=0; i<cantEnfermeras; i++)
        {
            indice = rnd.nextInt(2);
            switch(indice)
            {
                case 0: SacarHorarioEnfermera(hijo1.arreglo[i] ,i);
                    pareja.SacarHorarioEnfermera(hijo2.arreglo[i],i);
                    break;
                case 1: SacarHorarioEnfermera(hijo2.arreglo[i],i);
                    pareja.SacarHorarioEnfermera(hijo1.arreglo[i],i);
                    break;
                default: break;
            }
        }
    }

    public BESolucion P_Mutar()
    {
        rnd = new Random();
        int veces = rnd.nextInt(cantEnfermeras/2);
        BESolucion hijoMutado = this.clonar();
        for (int i=0; i<veces ;i++)
        {
            int indice1 = rnd.nextInt(getCantEnfermeras());
            int indice2 = rnd.nextInt(getCantEnfermeras());

            SacarHorarioEnfermera(hijoMutado.arreglo[indice1],indice2);
            SacarHorarioEnfermera(hijoMutado.arreglo[indice2],indice1);
        }
        return hijoMutado;
    }
}
```

Figura 4.5 Clase BESolucion (Cromosoma)

```

Class Poblacion
{
    . . .
    public void P_TournamentSeleccionCasar(ArrayList<BESolucion> arrHijos)
    {
        tamPoblacion = getArrIndividuos().size();
        int cantHijos = 0;
        while(cantHijos<numCasar)
        {
            BESolucion padre1 = P_Tournament(true);
            BESolucion padre2 = P_Tournament(true);

            BESolucion hijo1 = new BESolucion(cantDias, cantEnfermeras);
            BESolucion hijo2 = new BESolucion(cantDias, cantEnfermeras);
            padre1.P_Casar(padre2, hijo1, hijo2);
            if (NoEsAberracion(hijo1))
            {
                arrHijos.add(hijo1);
                hijo1.P_AsignarSalud(false);
                ActualizarMejorCromosoma(hijo1);
                cantHijos++;
            }
            if (NoEsAberracion(hijo2))
            {
                arrHijos.add(hijo2);
                hijo2.P_AsignarSalud(false);
                ActualizarMejorCromosoma(hijo2);
                cantHijos++;
            }
        }
    }

    public void P_TournamentReemplazoMutar(ArrayList<BESolucion> arrHijos)
    {
        int cantReemplazados = 0;
        int index = 0;
        int cantMutados = 0;
        int i=0;
        while(cantReemplazados<numCasar)
        {
            BESolucion individuoReemplazado = P_Tournament(false);
            index = arrIndividuos.indexOf(individuoReemplazado);
            BESolucion hijo = arrHijos.get(cantReemplazados);
            arrIndividuos.set(index,hijo );
            hijo.mutado = 1;
            cantReemplazados++;
        }
        while(cantMutados < numMutar)
        {
            BESolucion aMutar;
            do
            {
                index = rnd.nextInt(tamPoblacion-1);
                aMutar = arrIndividuos.get(index);
            }
            while (aMutar.mutado == 1);

            BESolucion mutado = aMutar.P_Mutar();
            if (NoEsAberracion(mutado))
            {
                aMutar = mutado;
                cantMutados++;
                aMutar.P_AsignarSalud(false);
                ActualizarMejorCromosoma(aMutar);
                aMutar.mutado =1;
            }
            i++;
        }
        LimpiarReemplazos();
    }
}
    
```

Figura 4.6 Clase Poblacion

#### 4.1.1.3 Población Inicial

La población inicial depende de la complejidad del problema, es por eso que tomando en cuenta los cálculos de la cantidad de posibles combinaciones que podría tener la solución del problema se asumen una cantidad de individuos en la población inicial [SSD08].

En este caso de estudio en particular de la unidad de Cirugía y Radioterapia del hospital Neoplásicas, se trabaja con 20 enfermeras (entre nombradas y contratadas) en periodos de un mes. Por esta razón se utilizarán 120 individuos en cada población y estos serán creados a partir de los horarios generados en meses anteriores, esta cantidad de individuos se escogió según la experimentación realizada para la comparación de los parámetros que mejores soluciones generaban. La generación de la población inicial se realizará cargando los datos de los 6 últimos meses que coincidan en cantidad de días con el periodo del horario a generar. A partir de cada uno de estos 6 individuos se generarán 20 más escogiendo aleatoriamente un *offset*. Este *offset* representa el índice de la enfermera a partir del cual se copiarán los horarios de individuo original. Es decir, la enfermera[0+Offset] del nuevo individuo tendrá el horario de la enfermera 1 del individuo original. La explicación de este proceso se puede apreciar mejor en la figura 4.7. En este ejemplo se ha cargado un horario anterior de 8 días y 4 enfermeras como individuo original y se ha generado un nuevo individuo y un Offset de 3, razón por la cual el horario de la enfermera 1 es asignado a la enfermera 3 y así sucesivamente con las demás enfermeras. A las enfermeras con índice menor al Offset se les asigna los horarios de las últimas enfermeras del individuo original en el respectivo orden.

Nombre	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7	Día 8
Juana Ramirez	T86	T87	L	L	T86	T87	L	L
Jenny Cortez	L	T86	T87	L	L	T86	T87	L
Adeli Polanco	L	L	T86	T87	L	L	T86	T87
Ana Salazar	T87	L	L	T86	T87	L	L	T86

Figura 4.7 Estructura del individuo original

Nombre	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7	Día 8
Juana Ramirez	L	L	T86	T87	L	L	T86	T87
Jenny Cortez	T87	L	L	T86	T87	L	L	T86
Adeli Polanco	T86	T87	L	L	T86	T87	L	L
Ana Salazar	L	T86	T87	L	L	T86	T87	L

Figura 4.8 Estructura del individuo generado a partir del individuo original

El hecho de tener una secuencia pre-establecida de guardia diurna (T86) seguida de una guardia nocturna (T87) favorece a que las enfermeras puedan conocer a sus pacientes durante todo el día para que al día siguiente puedan atenderlos mejor.

#### 4.1.1.4 Estructura de cromosoma

El diseño de la estructura del cromosoma tiene que ver con una decisión de implementación, pero en algunos casos, usar una representación inadecuada puede hacer ineficiente la resolución de un problema [SSD08].

Se explicará la estructura del cromosoma en 3 pasos para su mejor comprensión

- A) La estructura definida para el cromosoma debe representar el horario asignado a todas las enfermera en todo el periodo. Así, el cromosoma tiene la forma:  
 $H = \langle E1, E2, E3 \dots En \rangle$   
Donde  $E_i$  representa el horario de la enfermera  $i = 1 \dots n$ , para un total de  $n$  enfermeras.
- B) Por cada una de las enfermeras se debe poder representar el tipo de turno que tiene en cada uno de los días del periodo, es por eso que la estructura de  $E_i$  será:  
 $E_i = \langle D1, D2, D3, D4 \dots Dm \rangle$   
Donde  $D_j$  representa el turno asignado a la enfermera en el día  $j = 1 \dots m$ , para un total de  $m$  días a programar.
- C) Existen 8 tipos de turno pero en la estructura solo se representarán 3 ya que los turnos  $t72$  y  $t18$  son muy similares a los turnos  $t40$  y  $t60$  con la diferencia que son asignados a las enfermeras que cumplen años y dado que es muy probable que la mayoría de las enfermeras no esté de cumpleaños en un mismo mes, se estarían desperdiciando los espacios asignados a estos turnos. A su vez el turno  $T40$  con la productividad asignada ese día supone la misma cantidad de horas de trabajo que una guardia diurna por lo que puede ser codificado como  $T86$ . Por lo tanto solo se tomarían en cuenta las guardias ( $T86$  y  $T87$ ) y el turno libre. Para representar el tipo de turno asignado a una enfermera en un día se manejarán 2 bits:  $b_1, b_2$  cuyas combinaciones representan (no asignado,  $T86$ ,  $T87$ , turno libre). Por este motivo cada día está representado por la siguiente estructura:

$$D_j = \langle D_j(1), D_j(2) \rangle, j = 1 \dots m$$

Finalmente la estructura del cromosoma queda definida por la secuencia de bits:

$$H = \langle D_{11}(1), D_{11}(2), D_{12}(1), D_{12}(2), \dots, D_{nm}(1), D_{nm}(2) \rangle$$

Donde  $D_{ij}(1) D_{ij}(2)$  es una combinación de bits que identifica uno de los turnos que puede estar asignado a la enfermera  $i$  el día  $j$ .

La figura 4.8 muestra la organización de la estructura y según ella, un cromosoma está compuesto por una secuencia de bits, cada uno de ellos representando un turno en un día para una enfermera que será o no asignado a ella:

D1(1)	D1(2)	...	Dm(1)	Dm(2)	D1(1)	D1(2)	...	Dm(1)	Dm(2)	...	D1(1)	D1(2)	...	Dm(1)	Dm(2)
Enf 1					Enf 2					Enf n					

Figura 4.9 Estructura del cromosoma

A continuación se muestra la representación del cromosoma de un individuo para un caso de 3 turnos, 8 días y 4 enfermeras.

H = < 01 10 11 11 01 10 11 11  
 11 01 10 11 11 01 10 11  
 11 11 01 10 11 11 01 10  
 10 11 11 01 10 11 11 01 >

En ella se puede apreciar que a la enfermera 1, en el día 1 se le ha asignado el turno t86 (guardia diurna) ya que la combinación de bits codifica el turno T86. Respectivamente, para la enfermera 1, en el día 2, el turno asignado es el t87 (o guardia nocturna).

Para visualizar mejor esta estructura, se presenta un arreglo tridimensional en la figura 3.4.

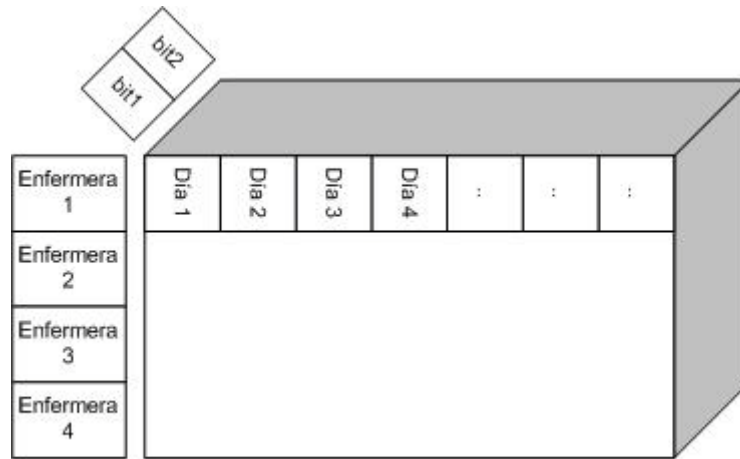


Figura 4.10 Estructura del cromosoma

#### 4.1.1.5 Operadores

Los operadores a utilizar para la reproducción de los individuos son de crossover o casamiento y de mutación con una tasa de aplicación del 50% y 2% respectivamente. Los valores de estas tasas se obtuvieron de la realización de una gran cantidad de pruebas para encontrar el juego de valores en las muestras que tuviera mayor fitness en promedio. La selección de los individuos a los que se les aplica los operadores se realiza en base al método de la ruleta, donde a cada individuo se le asigna, según su fitness, una probabilidad a ser escogido. Es decir, los individuos con mejores fitness tendrán mayor probabilidad de pasar a la siguiente generación. En resumen, de los 120 individuos que existen en una población, 40 individuos generados por reproducción serán parte de la nueva población, reemplazando a los peores individuos (escogidos pseudo-aleatoriamente). Se escogen también 10 individuos a mutar, manteniéndose así la misma cantidad de individuos de la población inicial.



- 1) Crossover: este operador se realizará escogiendo al azar, por el método de selección Tournament, 2 individuos de la actual población y generando una máscara con una cantidad de bits igual a la cantidad de enfermeras. Cada bit de la máscara representará el horario de una enfermera y según su valor sea 0 o 1 se escogerá el horario del padre 1 o del padre 2, el horario del padre no escogido pasará a formar el segundo hijo. En la figura 3.5 se muestra puede apreciar con más detalle el funcionamiento de este operador, dada la máscara indicada se escogerán del padre 1 los horarios de las enfermeras 1, 5, 10, 12 y 34. La cantidad de individuos a casar está determinada por el porcentaje de casamiento o crossover. Este parámetro estará indicado en el código del algoritmo.

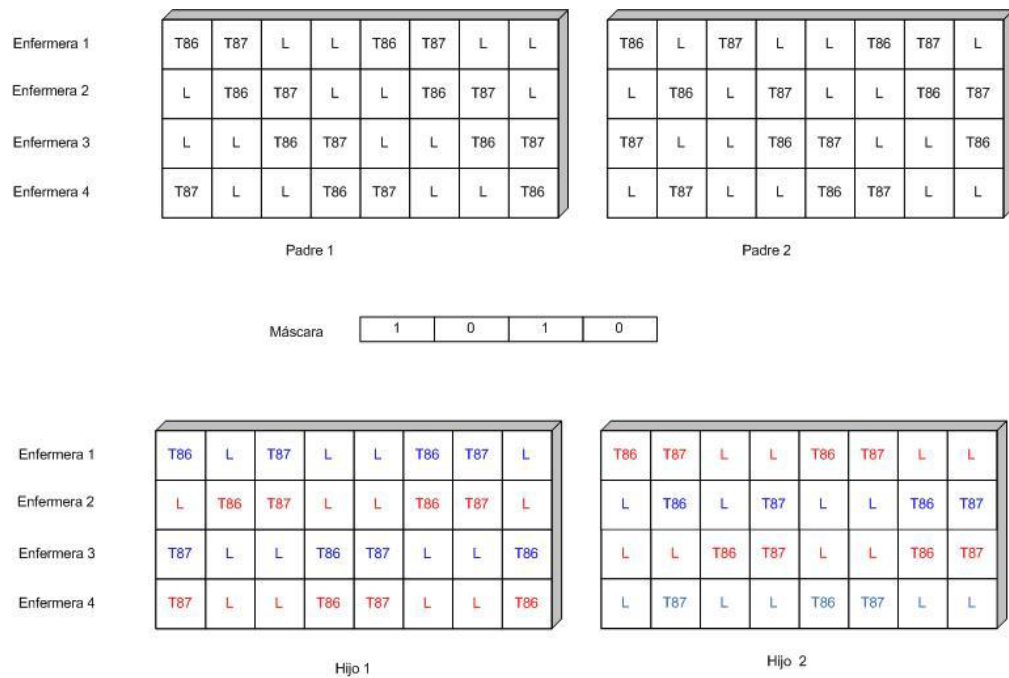


Figura 4.11 Operador de crossover

- 2) Mutación:

El operador de mutación se llevará a cabo intercambiando horarios de diferentes enfermeras en un mismo cromosoma, es decir se escogerán dos índices aleatorios y los horarios de las enfermeras que correspondan a esos índices, serán intercambiados. La figura 3.7. explica con más detalle este operador.

#### 4.1.1.6 Restricciones

Se debe asegurar que un cromosoma cumpla siempre las restricciones fuertes del problema, estas restricciones están determinadas por los requisitos del servicio y por las consideraciones que el hospital debe

Enfermera 1	T86	T87	L	L	T86	T87	L	L
Enfermera 2	L	T86	T87	L	L	T86	T87	L
Enfermera 3	L	L	T86	T87	L	L	T86	T87
Enfermera 4	T87	L	L	T86	T87	L	L	T86

Padre

Enfermera 1	T86	L	T87	L	L	T86	T87	L
Enfermera 2	L	L	T86	T87	L	L	T86	T87
Enfermera 3	L	T86	T87	L	L	T86	T87	L
Enfermera 4	L	T87	L	L	T86	T87	L	L

Hijo mutado

**Figura 4.12 Operador de mutación**

tener en cuenta cuando se elaboran los horarios del personal. Se representa a continuación de una manera formal cada una de éstas restricciones que agruparemos en 3 tipos:

- a) Restricciones del servicio o cantidad de tipos de turno para cada enfermera
  - El sistema generará un horario que asigne a cada enfermera nombrada 10 turnos de guardias (máximo 6 guardias nocturnas), dos turnos t40 y un turno t60. Como se explico anteriormente se al ser parecidos los turnos t86 (guardia diurna), t40 y t60, se considera solo el turno t86 en la codificación de la estructura.

$$\sum_{j=1}^m \text{GDN}(j) = 7, \text{ para cada enfermera } i$$

Donde

$$\text{GDN}(j) \begin{cases} 1, & \text{si } \text{Dij}(1) = 0 \text{ y } \text{Dij}(2) = 1 \\ 0, & \text{casos contrarios} \end{cases}$$

$$\sum_{j=1}^m \text{GNN}(j) = 6, \text{ para cada enfermera } i$$

Donde

$$\text{GNN}(j) \begin{cases} 1, & \text{si } \text{Dij}(1) = 1 \text{ y } \text{Dij}(2) = 0 \\ 0, & \text{casos contrarios} \end{cases}$$

b) Requisitos del servicio en la cantidad de enfermeras a tener por cada tipo de turno.

- El sistema generará un horario que cumpla con asignar una cantidad determinada de enfermeras indicadas por la jefa de servicio para el turno diurno t86 (t40 y t60)

$$4 \leq \sum_{i=1}^n \text{GDNi}(j) \leq 5$$

para cada día j

- El sistema generará un horario que cumpla en asignar una cantidad determinada de enfermeras indicadas por la jefa de servicio para cada guardia nocturna (t87).

$$3 \leq \sum_{i=1}^n \text{GNNi}(j) \leq 4$$

para cada día j

c) Consideraciones del hospital a los empleados

- El sistema generará un horario que cumpla que para cada turno de guardia nocturna asignado a una enfermera nombrada o contratada, los turnos de los siguientes dos días sean libres

Si  $\text{GNNi}(j) = 1$  o  $\text{GCNi}(j) = 1 \rightarrow \text{Dij}+1 = \text{libre}, \text{Dij}+2 = \text{libre}$

Para cada j de a 1 a días del mes - 2

Si  $\text{GNNi}(j) = 1$  o  $\text{GCNi}(j) = 1 \rightarrow \text{Dij}+1 = \text{libre}$

Para j = días del mes - 1

Se tomará en cuenta esta restricción también para evaluar al menos los 2 últimos días del horario del mes anterior.

#### 4.1.1.7 Función de fitness

Mediremos la calidad de la solución determinando cuan flexible está siendo con las preferencias de las enfermeras. Cuantas más preferencias se cumplan, más buena será la solución, es decir, mayor valor de fitness.

Sea  $P = H$  pero en vez de representar los turnos asignados a cada enfermera, la estructura  $P$  representa las preferencias de las enfermeras. Entonces:

$$\sum_{i=1}^n \left[ \sum_{j=1}^m \text{Dij} \otimes \text{Pij} \right] / \text{total\_preferencias\_enfermera } i$$

Donde

$$\text{Dij} \otimes \text{Pij} \begin{cases} 1, \text{ si } \text{Dij} = \text{Pij} \\ 0, \text{ si } \text{Dij}(k) \neq \text{Pij}(k) \end{cases}$$

La función de fitness es el promedio de la cantidad de preferencias cumplidas por enfermera entre la cantidad total de preferencias por enfermera porque de esa manera se cubre más equitativamente la selección de una mejor solución. Si el fitness se calculara en base a la cantidad de preferencias cumplidas entre el total de preferencias se podría dar el caso de que para una enfermera se cumplan todas sus preferencias y que para otra no se cumpla ninguna y esta solución sea mejor que cumplir menos preferencias pero de más enfermeras.

Los archivos de información intermedia estarán en formato .xml, lo cual facilitada el manejo de los datos y la independencia de los mismos sobre alguna plataforma o herramienta.

## 4.2 Pruebas

La estrategia de pruebas se basa en comprobar las funcionalidades de la aplicación en cada una de las iteraciones de esta.

En la primera iteración se probará el algoritmo y sus resultados. Se verificará que se cumplan todas las restricciones fuertes y que el fitness asignado a la solución sea coherente con las restricciones débiles que cumple (preferencias de las enfermeras).

En la segunda iteración se verificará que la información ingresada por la interfaz del sistema y/o por archivos se haya almacenado correctamente en la base de datos y en las estructuras del algoritmo.

Las pruebas diseñadas para la tercera iteración verificarán que los resultados mostrados gráficamente sean coherentes con los resultados del algoritmo. También se verificará que la solución obtenida sea almacenada correctamente en el archivo de salida.

#### 4.2.1 Calibración de parámetros

Se tomó una muestra de los resultados o fitness de 30 corridas. Los valores de los datos probados se muestra en la siguiente tabla:

Caso	Individuos en población	Tasa de crossover	Tasa de mutación	Iteraciones
1	6*20	0.5	0.01	50
2	6*20	0.5	0.01	100
3	6*20	0.5	0.02	100
4	6*20	0.6	0.01	50
5	6*20	0.6	0.01	100
6	6*20	0.6	0.02	50

Tabla 4.3 Casos de combinación de parámetros

Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5	Muestra 6
11.125	12	11.875	12.25	11.5	11.75
11.75	11	12.25	10.875	12.5	11.25
11.125	11.875	12	11.375	11.25	11.25
10.5	12.75	12.75	11.625	11.25	11.25
10.5	11.5	11	11.5	11.75	10.75
10.5	11	12	11	10.75	11
11.5	11.5	11.375	11.625	11.5	12
11.75	11.75	10.75	11.25	10.75	11.25
12.25	11.5	11.5	11.75	12	11.75
11.5	10.5	10.625	10.5	10.5	11.5
11	11.75	12	12.25	10.875	11
11.125	11.25	12	11	11.25	11
11.125	12	11.25	12	12.25	11.5
11	11.75	12.25	10.5	11.75	11.75
11.75	12.25	11.75	11.375	11	12
10.5	10.625	11.375	12.25	11.25	10.5
11.5	10.75	12	11.25	11.75	11.75
11.25	11.5	10.5	11	10.375	11.25
12.5	10.375	11.75	11.5	10.625	11
10.5	11.5	13.25	10.75	10.5	11
12.25	11.125	11.25	11.5	10.5	12.25
11.75	10.5	11.75	10.875	11.125	11.25
11	10.5	11.75	12.25	11.25	11.5
11.25	11.75	11.25	11.25	10.75	11.75
11.25	10.75	12.25	11	11	12.25
11.75	11	11.75	10.5	11.125	11.75
12.25	12	11.125	11.25	10.5	12.25
10.5	12.5	11.75	10.75	11.25	11.75
10.75	11.25	12.25	11.75	11.25	11.25
11.75	10.75	11	11.25	11.75	11.75

Tabla 4.4 Valores de los parámetros para cada caso

Con ayuda de la herramienta SPSS y aplicando el test de Shapiro a las muestras generadas, se concluye que podemos tratarlas como muestras de una población normal ya que el valor Sig > 0.05

muestra	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
promedio 1,00	,115	30	,200 <sup>*</sup>	,934	30	,064
2,00	,112	30	,200 <sup>*</sup>	,964	30	,388
3,00	,146	30	,102	,971	30	,558
4,00	,103	30	,200 <sup>*</sup>	,947	30	,138
5,00	,160	30	,047	,951	30	,184
6,00	,162	30	,043	,951	30	,182

a. Lilliefors Significance Correction

\*. This is a lower bound of the true significance.

Tabla 4.5 Test de Normalidad

Luego se aplicó el test de diferencia de medias y se obtuvieron los resultados que se muestran en el siguiente diagrama:

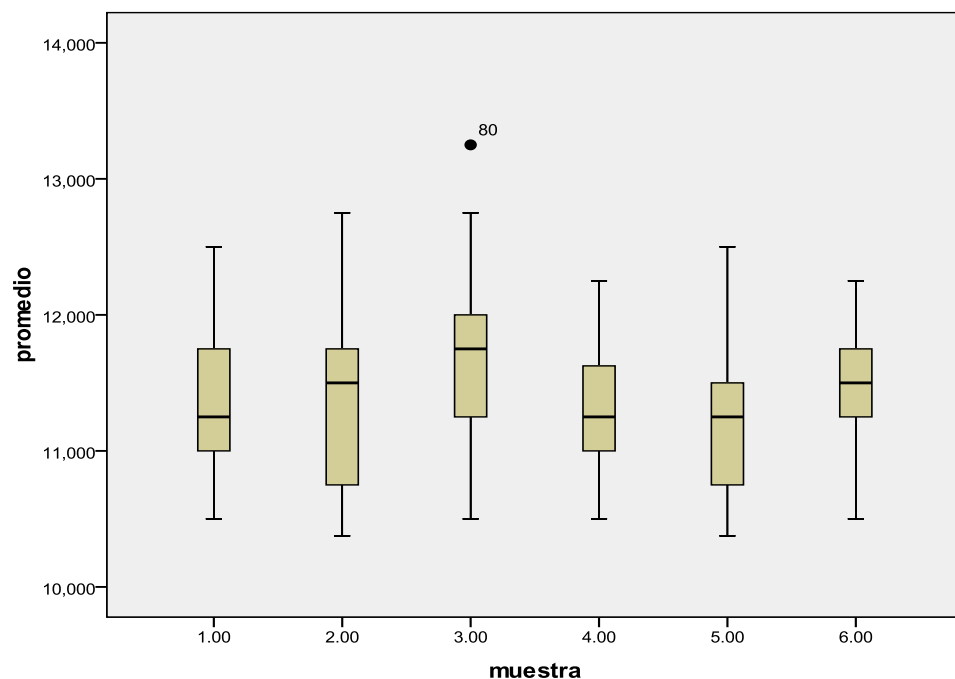


Figura 4.13 Diagrama de distribución de cada muestra

**One-Sample Test**

	Test Value = 18					
					95% Confidence Interval of the Difference	
	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Lower	Upper
muestra3	-56,561	29	,000	-6,320833	-6,54939	-6,09227
muestra4	-69,207	29	,000	-6,666667	-6,86368	-6,46965
muestra2	-57,545	29	,000	-6,625000	-6,86046	-6,38954
muestra5	-68,376	29	,000	-6,804167	-7,00769	-6,60064
muestra6	-79,109	29	,000	-6,525000	-6,69369	-6,35631
muestra1	-62,344	29	,000	-6,69167	-6,9112	-6,4721

**Tabla 4.6 Test de diferencia de medias de las 6 muestras**

Con esto concluimos que los parámetros que optimizan el resultado del algoritmo son una población de 120 individuos, una tasa de crossover del 50%, una tasa de mutación de 2% y 100 iteraciones en que se producen nuevas poblaciones.

## 5 Capítulo 5: Observaciones, conclusiones y recomendaciones.

### 5.1 Observaciones

Cabe señalar que en el presente proyecto se simplifican algunos aspectos y requerimientos del sistema para cumplir con el alcance de este y mostrar las partes más importantes de él.

El ingreso de la preferencia de turnos por parte de las enfermeras se está simplificando en la carga de un archivo con toda esta información y que un trabajo futuro lo realizará cada enfermera a través de una sesión asignada a su usuario.

Las restricciones y consideraciones que manejan las jefas de servicio son muchas más que las tomadas en cuenta en el presente proyecto. En las entrevistas sostenidas con algunas enfermeras jefas de algunos servicios se concluyó que es muy posible que se apruebe una ley que otorga vacaciones también a las enfermeras contratadas después de haber cumplido el primer año de trabajo. Otra restricción que no se toma en cuenta por el momento es la de no asignar guardias nocturnas a algunas enfermeras, debido a que ellas mismas prefieren no tenerlas a pesar que el pago por las horas de una guardia nocturna es mayor al de cualquier otra hora.

Es importante recalcar también que solo se está programando el horario del personal de enfermería del servicio ya que para el técnico se tiene una configuración muy parecida con excepción de los tipos de turno y grado de preferencias en los horarios a generar.



## 5.2 Conclusiones

De la investigación realizada para el presente proyecto se concluye que el problema de asignación de horarios a enfermeras, es un problema complejo con muchas restricciones y consideraciones. Para este caso de estudio se han tenido en cuenta algunas de todas las restricciones que podrían presentarse en otras instituciones. Algunos ejemplos de ellas son la cantidad mínima y máxima de turnos consecutivos asignados a una enfermera, la cantidad mínima y máxima de turnos asignados en fines de semana, etc.

Con respecto a la arquitectura, la identificación de la mejor forma de ingresar la información requerida para generar el horario no ha sido una tarea fácil. Es importante encontrar el balance entre la eficiencia del algoritmo y los recursos utilizados. Por ese motivo se tuvo un especial cuidado en el diseño de las estructuras a utilizar y la mejor forma de organizar la información.

Por último se concluye también que la automatización de esta tarea (elaboración de turnos del personal) favorecería al ahorro de tiempo en el proceso de asignación de turnos al personal. Para ello sería necesario también un estudio más detallado del proceso y de los actores involucrados.

## 5.3 Recomendaciones

En muchas etapas de la elaboración del presente proyecto se tuvo que tomar decisiones importantes sobre la arquitectura, manejo de la información, modelado de la estructura del algoritmo y generación de la población inicial del algoritmo genético. Es por esta razón que sería recomendable probar el sistema con otro tipo de configuraciones. En un trabajo futuro se pretende comparar por ejemplo la generación de la población inicial de una forma aleatoria en vez de generarla con la información de horarios de meses anteriores.

La información de entrada y salida del sistema, ha sido pensada para una futura integración con un sistema de recursos humanos. Es recomendable un análisis más detallado de la distribución del personal, para que la aplicación automatice algunos otros procesos y así permita un mejor control del horario del personal.

## 6 Bibliografía

### Libros

- [PIN02] Pinedo, Michael. Scheduling: theory, algorithms and systems. Prentice-Hall, USA (2002).
- [LJY04] Leung, Joseph Y-T., Handbook of scheduling: algorithms, models and performance analysis. Chapman & Hall/CRC, USA( 2004)
- [SSD08] S.N.Sivanandam, S.N.Deepa. Introduction to Genetic Algorithms. Springer e-books, Alemania (2008)
- [PSC82] Christos Papadimitriou, Kenneth. Steiglitz, Combinatorial optimization, Algorithms and complexity. Prentice-Hall, USA (1982).
- [MIT98] Mitchell, Melanie. An introduction to Genetic Algorithms. MIT, England (1998)

### Revistas

- [EAL03] Elizabeth A Robb, Amy C Determan, Lucy R Lampat, Mary J Scherbring, et al. (2003). Self-scheduling: Satisfaction guaranteed? Nursing Management, 34(7), 16.
- [GAL06] Gary Linden (2006, February). All Onboard for Scheduling. Health Management Technology, 27(2), 32, 34.

### Artículos

- [GAB08] Joseph Gallart, Fernando Alva, Anthony Alama, Gissella Bejarano. Generación Inteligente de Horarios empleando heurísticas GRASP con Búsqueda Tabú para la Pontifica Universidad Católica del Perú. VI Congreso Español sobre Metaheurísticas, Algoritmos Evolutivos y Bioinspirados.
- [AAK07] S Abdullah, S Ahmadi, E K Burke, M Dror, B McCollum. (2007). A tabu-based large neighbourhood search methodology for the capacitated examination Timetabling problem. The Journal of the Operational Research Society: Risk Based Methods for Supply Chain Planning and Management, 58(11), 1494-1502.
- [CFT02] Alberto Caprara, Matteo Fischetti, Paolo Toth. (2002). Modeling and solving the train Timetabling problem. Operations Research, 50(5), 851-861.
- [SMK04] J. Schönberger, D. C. Mattfeld, H. Kopfer. Memetic Algorithm Timetabling for non-commercial sport leagues. European Journal of Operational Research. Volume 153, Issue 1, 16 February 2004, Pages 102-116 Timetabling and Rostering
- [LL03] Li, H., Lim, A., and Rodrigues, B. 2003. A hybrid AI approach for nurse rostering problem. In Proceedings of the 2003 ACM Symposium on Applied Computing (Melbourne, Florida, March 09 - 12, 2003). SAC '03. ACM, New York, NY, 730-735.
- [CLM07] Wang, C., Sun, L., Jin, M., Fu, C., Liu, L., Chan, C., and Kao, C. 2007. A genetic algorithm for resident physician scheduling problem. In Proceedings of the 9th Annual Conference on Genetic and Evolutionary Computation (London, England, July 07 - 11, 2007). GECCO '07.
- [KJM00] KA Dowsland, JM Thompson. (2000). Solving a nurse scheduling problem with knapsacks, networks and tabu search. The Journal of the Operational Research Society, 51(7), 825-833.
- [BRJ76] Brusco, M., & Jacobs, L. A simulated annealing approach to the solution of flexible labour scheduling problems. Journal of the Operational Research Society, 1976, 44, 1191-1200.

[TMW76] V.M. Trivedi, M. Warner. A branch and bound algorithm for optimum allocation of float nurses, Management Science, Vol. 22, No. 9, 1976, 972 – 981.

### Referencias Web

- [OPT00] OPTIHPER Asignación Optimizada de Horarios al Personal. Universidad Politécnica de Valencia, España. Disponible en: <http://users.dsic.upv.es/grupos/gps/optihper>, 2009.
- [TEC00] Tecno Hospital. Disponible en: <http://www.tecnohospital.es/turnos.html>, 2009
- [DRO00] Kappix. Disponible en: <http://www.kappix.com>, 2009
- [TTR00] Asgard Systems. TimeTracker. Disponible en: <http://www.asgardsystems.com/products.html>, 2009
- [RIO99] Professor Dorit S. Hochbaum. The Scheduling Problem. National Science Foundation, País. Disponible en: <http://riot.ieor.berkeley.edu/riot/Applications/Scheduling/index.html>, 2009
- [JJM09] J.J. Merelo. Técnicas heurísticas de resolución de problemas: computación evolutiva y redes neuronales. Departamento de Arquitectura y Tecnología de los Computadores Universidad de Granada Granada (España). Disponible en: <http://geneura.ugr.es/~jmerelo/tutoriales/heuristics101/>, 2009

**ANEXO 1**

**HISTORIAS DE USUARIOS**

## Tabla de contenido

1.	Introducción.....	1
1.1	Propósito.....	1
1.2	Definiciones, Acrónimos y Abreviaturas .....	1
1.2.1	Definiciones.....	1
1.3	Referencias .....	1
2.	Descripción.....	2
2.1	Historia de Usuario #1 .....	2
2.2	Historia de Usuario #2 .....	2
2.3	Historia de Usuario #3 .....	2

## 1. Introducción

Este documento es una descripción de las historias de usuario que se desarrollarán en el Sistema Horeras.

### 1.1 Propósito

El objetivo de la elaboración de estas historias es definir de manera clara, precisa y con palabras del propio usuario las funcionalidades y restricciones del sistema que se desea construir.

Se dirige en primer término a los responsables del diseño de la aplicación, en este caso la tesista. A posteriori, es una formalización y justificación de las decisiones tomadas al desarrollar este proyecto de cara al tribunal que lo evalúe.

### 1.2 Definiciones, Acrónimos y Abreviaturas

#### 1.2.1 Definiciones

Actividades	Partes en las que se ha descompuesto los procesos.
Tareas	Partes en las que se ha descompuesto cada una de las actividades.
Usuario	Persona que usará el sistema.
Servicio	Área del hospital o servicio para el que se hace genera el horario

### 1.3 Referencias

Las referencias aplicables son las siguientes:

- <http://www.extremeprogramming.org/>

## **2. Descripción**

En esta sección se describe a un alto nivel las historias de usuarios. Cada una de ellas se escribe en una tarjeta para que su manejo y lectura sea más rápido y fácil.

### **2.1 Historia de Usuario #1**

“Como enfermera quiero tener la posibilidad de ingresar mis preferencias para que el horario generado las cumpla”

### **2.2 Historia de Usuario #2**

“Como jefa de servicio quiero tener la posibilidad de escoger que enfermeras del servicio se van de vacaciones cada mes y quienes puede tomar el papel de cabeza de grupo en cada tipo de turno”

### **2.3 Historia de Usuario #3**

“Como jefa de servicio quiero construir el horario del personal en base a las restricciones del hospital, los requerimientos del servicio y las preferencias de las enfermeras”

## **ANEXO 2**

# **ESPECIFICACIÓN DE REQUISITOS DE SOFTWARE**



## Tabla de contenido

1.	Introducción.....	1
1.1	Propósito.....	1
1.2	Definiciones, Acrónimos y Abreviaturas .....	1
1.2.1	Definiciones.....	1
1.2.2	Acrónimos.....	1
1.3	Referencias .....	2
1.4	Visión General del ERS.....	2
2.	Descripción General.....	2
2.1	Modelo de Casos de Uso.....	2
2.1.1	Catálogo de Actores.....	2
2.1.2	Casos de Uso.....	4
2.2	Especificación de Casos de Uso.....	5
2.2.1	Módulo de configuración .....	5
2.2.2	Módulo de preferencias .....	6
2.2.3	Módulo de generación de horario .....	7

## 1. Introducción

Este documento es una Especificación de Requisitos de Software (ERS) del sistema generador de horarios para personal de hospital HORERAS. Esta especificación se ha realizado de acuerdo al estándar "IEEE Recommended Practice for Software Requirements Specification IEEE Std 830-1998.

### 1.1 Propósito

El objetivo de la especificación es definir de manera clara y precisa las funcionalidades y restricciones del sistema que se desea construir.

Se dirige en primer término a los responsables del diseño de la aplicación, en este caso la tesista. A posteriori, es una formalización y justificación de las decisiones tomadas al desarrollar este proyecto de cara al tribunal que lo evalúe.

### 1.2 Definiciones, Acrónimos y Abreviaturas

#### 1.2.1 Definiciones

Actividades	Partes en las que se ha descompuesto los procesos.
Tareas	Partes en las que se ha descompuesto cada una de las actividades.
Paquete	Agrupamiento de casos de uso y actores por funcionalidad que proveerá el sistema HORERAS.
Usuario	Persona que usará el sistema.
Unidad	Área del hospital o servicio para el que se hace genera el horario

#### 1.2.2 Acrónimos

ERS	Especificación de Requisitos de Software
-----	--

### **1.3 Referencias**

Las referencias aplicables son las siguientes:

- IEEE Recommended Practice for Software Requirements Specification  
IEEE Std 830-1998

### **1.4 Visión General del ERS**

Este documento consta de tres secciones. Esta sección es la Introducción y proporciona una visión general del ERS. En la Sección 2, se da una descripción general de la aplicación, con el fin de conocer las principales funciones que debe realizar, los datos asociados y los factores, supuestos y dependencias que afectan al desarrollo, sin entrar en excesivos detalles. Y en la sección 3, se definen detalladamente los requisitos que debe satisfacer cada módulo.

## **2. Descripción General**

En esta sección se describe a un alto nivel los Módulos de la aplicación a desarrollar. Se presentará el modelo de casos de uso (modelo que muestra la funcionalidad del módulo), las características de los usuarios, las suposiciones y dependencias del sistema.

### **2.1 Modelo de Casos de Uso**

En esta sección se presentan los diagramas de casos de uso de los Módulo del sistema obtenidos durante el proceso de especificación de requisitos, los cuales permiten mostrar a un alto nivel las funcionalidades que la aplicación tendrá.

Inicialmente, se indica el catalogo de actores que interactúa con el módulo y posteriormente la descripción del paquete con sus diagramas de casos de uso.

#### **2.1.1 Catálogo de Actores**

Los actores considerados de la aplicación son los siguientes:

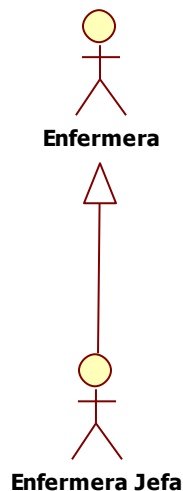


Fig. 2.1 Catálogo de actores

#### Descripción de actores:

- **Enfermera:** Es la persona a la que se le asignará un horario y podrá especificar sus preferencias previamente para ser tomadas en cuenta. Dado el alcance del proyecto, los datos a ingresar por este actor serán cargados desde un archivo y el usuario del caso de uso será la enfermera jefa. Sin embargo, en un trabajo futuro, cada enfermera ingresará sus preferencias por la interfaz del sistema y con una sesión.
- **Enfermera Jefa:** Es la persona encargada de ingresar los datos que alimentarán el sistema para la respectiva elaboración del horario.

Los casos de uso asociados a estos actores son presentados en Fig. 2.2 y Fig. 2.3

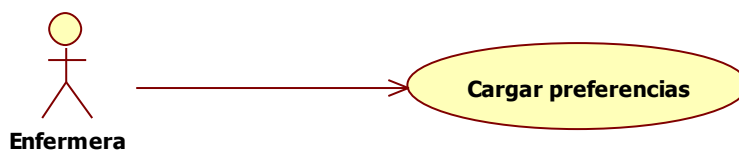


Fig. 2.2 Enfermera

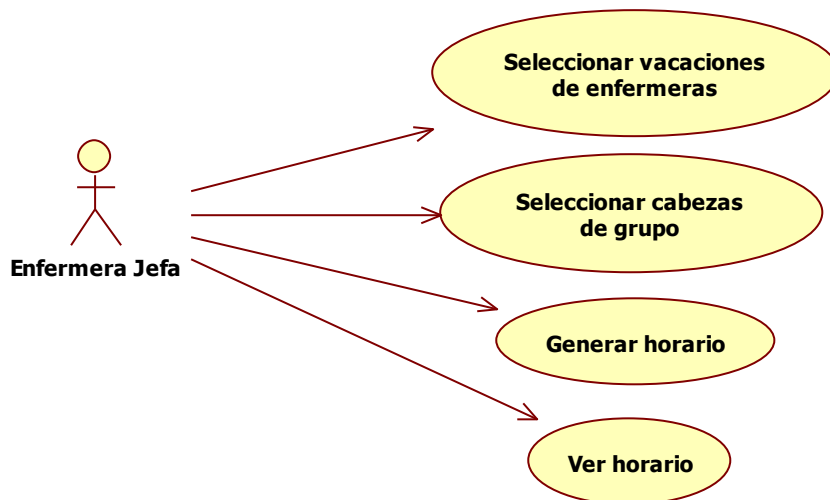


Fig. 2.3 Enfermera Jefa

### 2.1.2 Casos de Uso

#### Descripción de casos de uso:

- **Cargar preferencias:** El propósito de este caso de uso es el de registrar las preferencias de todas las enfermeras y la prioridad de cada una de ellas. En este registro se especificarán el día, el horario deseado o turno y la prioridad de la preferencia.
- **Seleccionar vacaciones de enfermera:** El propósito de este caso de uso es el de seleccionar a la enfermera que debe salir de vacaciones el mes para el cual se realizará la programación del horario.
- **Seleccionar cabezas de grupo:** El propósito de este caso de uso es el de seleccionar a una determinada cantidad de enfermeras cabezas de grupo. Al menos una cabeza de grupo debe estar programada para todos los turnos de cada día, en especial de la noche que es cuando la enfermera jefa del servicio no se encuentra.

- **Generar horario:** El propósito de este caso de uso es el de escoger el mes para el que se generará el horario y ejecutar el algoritmo que buscará la solución al problema, de acuerdo a los parámetros e información ingresada.
- **Ver horario:** El propósito de este caso de uso es el de una vez generado el horario, seleccionar el mes de programación y poder verlo en la interfaz de la aplicación.

## 2.2 Especificación de Casos de Uso

A través de los casos de uso se consigue mostrar un alto nivel de la funcionalidad que tendrá el sistema HORERAS a desarrollarse.

### 2.2.1 Módulo de configuración

Este paquete contiene los casos de uso que corresponden a la configuración de parámetros sobre los requerimientos y consideraciones del servicio

Caso de uso: Seleccionar vacaciones de enfermeras	
<b>Descripción:</b>	El propósito de este caso de uso es el de registrar y actualizar la información sobre las vacaciones de las enfermeras.
<b>Actores:</b>	Enfermera jefa
<b>Precondición:</b>	La información de todas las enfermeras debe estar correctamente cargada en la base de datos
<b>Flujo Principal: Seleccionar vacaciones de enfermeras</b>	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El caso de uso se inicia cuando el usuario selecciona la opción "Seleccionar vacaciones".</li> <li>2. El sistema muestra un formulario con un listado de todas las enfermeras y una casilla por cada una para indicar si sale o no de vacaciones este mes.</li> <li>3. El usuario selecciona una o más enfermeras para que salgan de vacaciones el mes para el que se generará el horario y selecciona "Guardar".</li> <li>4. El sistema muestra un mensaje de confirmación de la operación realizada.</li> <li>5. El usuario acepta el mensaje.</li> <li>6. El caso de uso finaliza cuando el usuario terminó de seleccionar las enfermeras que salen de vacaciones ese mes.</li> </ol>	
<b>Postcondición:</b>	Se registraron las vacaciones de las enfermeras.

<b>Flujo Excepcional 1: Cancelar</b>	
1. En cualquier parte del flujo principal o del flujo alternativo el usuario puede seleccionar “Cancelar”.	
2. El sistema finaliza el caso de uso.	

<b>Caso de uso: Seleccionar cabezas de grupo</b>	
<b>Descripción:</b>	El propósito de este caso de uso es el de escoger a las enfermeras cabezas de grupo.
<b>Actores:</b>	Enfermera jefa
<b>Precondición:</b>	La información de todas las enfermeras debe estar correctamente cargada en la base de datos
<b>Flujo Principal: Seleccionar cabezas de grupo</b>	
1. El caso de uso se inicia cuando el usuario selecciona la opción “Seleccionar cabezas de grupo”.	
2. El sistema muestra un formulario con un listado de todas las enfermeras y una casilla por cada una para indicar si es o no cabeza de grupo.	
7. El usuario selecciona una cantidad de enfermeras cabezas de grupo para el mes en el que se generará el horario y selecciona “Guardar”.	
8. El sistema muestra un mensaje de confirmación de la operación realizada.	
9. El usuario acepta el mensaje.	
3. El caso de uso finaliza cuando el usuario terminó de seleccionar las enfermeras cabezas de grupo.	
<b>Postcondición:</b>	Se seleccionó a las enfermeras cabezas de grupo.
<b>Flujo Excepcional 1: Cancelar</b>	
1. En cualquier parte del flujo principal o del flujo alternativo el usuario puede seleccionar “Cancelar”.	
2. El sistema finaliza el caso de uso.	

### 2.2.2 Módulo de preferencias

<b>Caso de uso: Cargar preferencias</b>	
<b>Descripción:</b>	El propósito de este caso de uso es el de registrar las preferencias de turnos de las enfermeras en un día dado con una prioridad determinada.
<b>Actores:</b>	Enfermera
<b>Precondición:</b>	La información de todas las enfermeras debe estar correctamente

	cargada en la base de datos
<b>Flujo Principal: Cargar preferencias</b>	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El usuario selecciona la opción de “Preferencias”.</li> <li>2. El sistema muestra un campo y un botón de Examinar para seleccionar el archivo que contiene las preferencias de las enfermeras en el mes del horario a generar.</li> <li>3. El usuario selecciona el archivo de carga y selecciona “Aceptar”</li> <li>4. El sistema muestra un mensaje de confirmación para indicar que el archivo se cargó correctamente.</li> <li>5. El caso de uso finaliza.</li> </ol>	
<b>Postcondición:</b>	Se cargó el archivo de preferencias de las enfermeras.
<b>Flujo Excepcional 1: Cancelar</b>	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. En cualquier parte del flujo principal o del flujo alternativo el usuario puede seleccionar “Cancelar”.</li> <li>2. El sistema finaliza el caso de uso.</li> </ol>	

### 2.2.3 Módulo de generación de horario

<b>Caso de uso: Generar Horario</b>	
<b>Descripción:</b>	El propósito de este caso de uso es el de generar el horario tomando en cuenta la información sobre vacaciones y cabezas de grupo y preferencias de las enfermeras y requisitos y consideraciones del servicio.
<b>Actores:</b>	Enfermera jefa
<b>Precondición:</b>	Haber realizado el caso de uso Cargar preferencias, Seleccionar vacaciones de enfermeras y Seleccionar cabezas de grupo.
<b>Flujo Principal: Generar Horario</b>	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El usuario selecciona la opción de “<b>Generar Horario</b>”.</li> <li>2. El sistema muestra un combo box para escoger el mes y otro para escoger el año del horario a generar.</li> <li>3. El usuario selecciona un mes y un año.</li> <li>4. El sistema muestra un mensaje indicando que el horario se generó exitosamente.</li> <li>5. El usuario acepta el mensaje y el caso de uso finaliza</li> <li>6. El sistema generó un archivo .xml con la solución de la instancia del problema.</li> </ol>	



7. Se muestra el horario de forma gráfica al usuario.	
8. El caso de uso finaliza.	
<b>Poscondición:</b>	Se generó el horario y el archivo con la solución.
<b>Flujo Excepcional 1: Cancelar</b>	
1. En cualquier parte del flujo principal o del flujo alternativo el usuario puede seleccionar “Cancelar”.	
2. El sistema finaliza el caso de uso.	

Caso de uso: Ver Horario	
<b>Descripción:</b>	El propósito de este caso de uso es el de mostrar gráficamente un horario generado con anterioridad.
<b>Actores:</b>	Enfermera jefa
<b>Precondición:</b>	Haber generado un horario
<b>Flujo Principal: Ver Horario</b>	
6. El usuario selecciona la opción de “Ver Horario”.	
7. El sistema muestra un combo box para escoger el mes y otro para escoger el año del horario que se desea ver.	
8. El usuario selecciona el mes y el año.	
9. El sistema muestra el horario de forma gráfica.	
10. El caso de uso finaliza.	
<b>Poscondición:</b>	Se mostró gráficamente el horario seleccionado.
<b>Flujo Excepcional 1: Cancelar</b>	
3. En cualquier parte del flujo principal o del flujo alternativo el usuario puede seleccionar “Cancelar”.	
4. El sistema finaliza el caso de uso.	

**ANEXO 3**

**DOCUMENTO DE DISEÑO**

## Tabla de contenido

1. Objetivo.....	1
2. Alcance.....	1
2.1 Referencias .....	1
2.2 Visión general del documento.....	1
3. Diseño de la Base de Datos.....	1
3.1 Diagrama de la Base de datos del sistema .....	2
4. Diccionario de datos .....	3
5. Diagrama de Secuencias .....	5
5.1 Diagrama de secuencias del módulo de Configuración inicial .....	5
5.1.1 Seleccionar vacaciones de enfermeras .....	5
5.1.2 Seleccionar enfermeras cabezas de grupo.....	6
5.2 Diagramas del módulo de Preferencias.....	7
5.2.1 Cargar Preferencias .....	7
5.3 Diagramas del módulo de generación de horario .....	8
5.3.1 Generar Horario .....	8
5.3.2 Ver Horario.....	9

---

## 1. Objetivo

El objetivo del presente documento es mostrar a un nivel más bajo el funcionamiento del sistema “Horeras” realizado como proyecto de tesis.

Para ello hacemos uso de las herramientas de la técnica de modelamiento UML, como son los diagramas de secuencia y de las clases de diseño, para mostrar la composición lógica de la secuencia de codificación de cada módulo del sistema.

## 2. Alcance

El alcance de este documento incluye únicamente los casos de uso asumidos de la educación de requisitos. Estos se explican con más detalle en el documento Especificación de Requisitos de Software.

### 2.1 Referencias

Las referencias utilizadas para el documento son:

1. Documento de Tesis
2. ERS

### 2.2 Visión general del documento

Este documento presentará de manera clara el diseño de las estructuras escogidas, para el soporte de los datos y procesos involucrados en el sistema, empleando un lenguaje sencillo y directo, con la ayuda de gráficos con el fin de dar una mejor visión de lo argumentado.

## 3. Diseño de la Base de Datos

Los datos del sistema “Horeras” se almacenarán en tablas alojadas en una base de datos, los cuales a su vez servirán para guardar información que utilizará el sistema. A continuación se mostrará la estructura de las tablas de la base de datos en conjunto de todos los módulos (Figura 1.0): Configuración inicial, Preferencias de Enfermeras, Generación de horarios.

### 3.1 Diagrama de la Base de datos del sistema

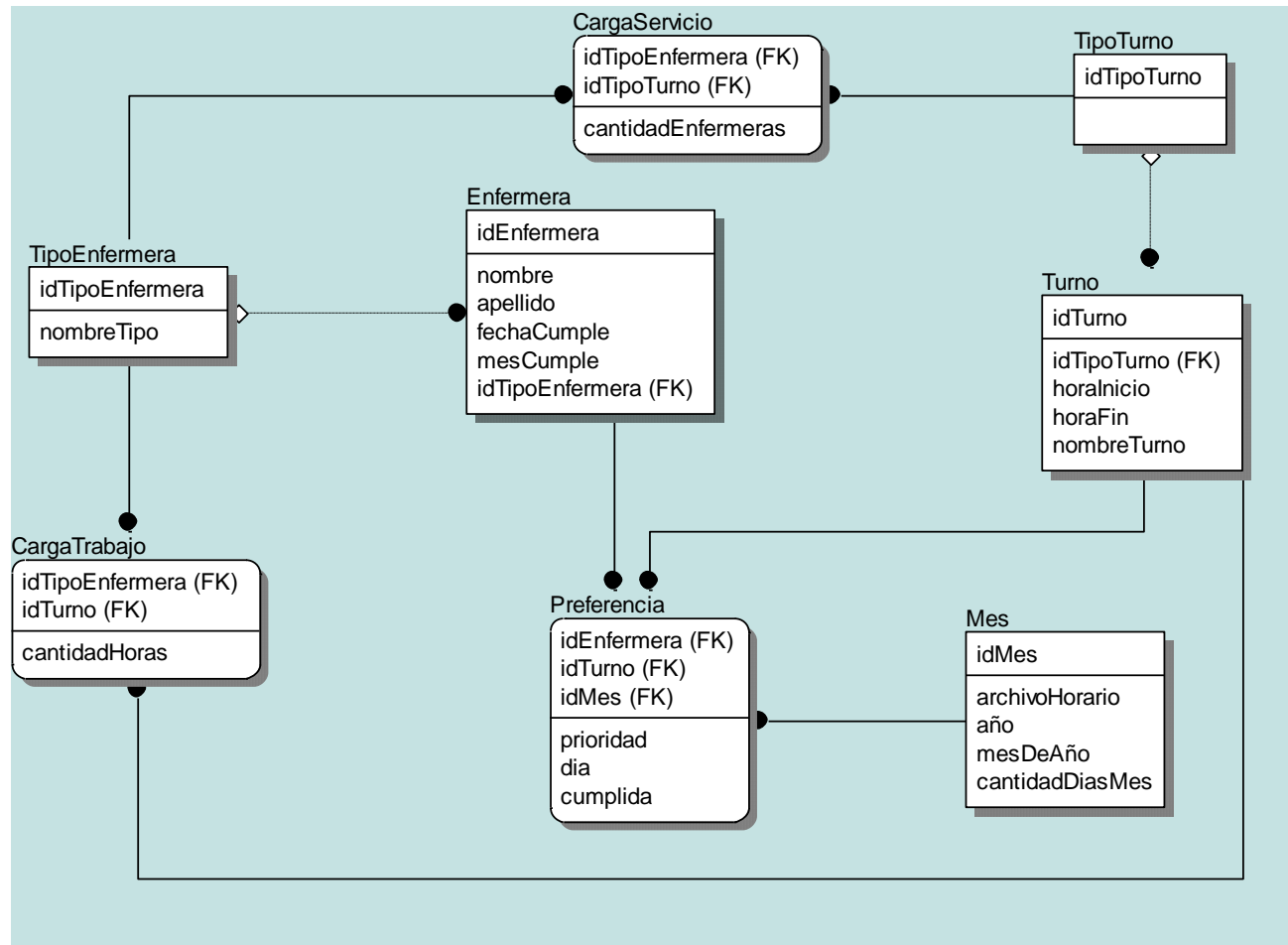


Figura 1.0. Base de datos del sistema

## 4. Diccionario de datos

<b>Tabla TipoEnfermera</b>		
Tabla que representa un tipo de enfermera, es decir contratada o nombrada		
Columna	Tipo de dato	Descripción
idTipoEnfermera	Integer	Código de tipo de enfermera
nombreTipo	string	Nombre de tipo de enfermera
Índice	Tipo	
idTipo Enfermera	Primary key	

<b>Tabla Enfermera</b>		
Tabla que representa a una enfermera		
Columna	Tipo de dato	Descripción
idEnfermera	Integer	Código de la enfermera
idTipoEnfermera	integer	Código del tipo de enfermera.
nombres	Varchar(20)	Nombre de la enfermera.
apellidos	Varchar(20)	Apellidos de la enfermera.
fechaCumple	DateTime	Fecha del cumpleaños de la enfermera.
Índice	Tipo	
idEnfermera	Primary key	
idTipoEnfermera	Foreign key	

<b>Tabla TipoTurno</b>		
Tabla que representa un tipo de turno, es decir si el turno pertenece a turnos de día o de noche		
Columna	Tipo de dato	Descripción
idTipoTurno	Integer	Código del tipo de turno
nombreTurno	Varchar(10)	Nombre del turno
Índice	Tipo	
idTipoTurno	Primary key	

<b>Tabla Turno</b>		
Tabla que representa un turno		
Columna	Tipo de dato	Descripción
idTurno	Integer	Código de turno
idTipoTurno	integer	Código del tipo de turno
nombreTurno	Varchar (10)	Nombre del turno
horaInicio	integer	Hora de inicio del turno.
horaFin	integer	Hora fin del turno.
Índice	Tipo	
idTurno	Primary key	

**Tabla Mes**

Tabla que representa el mes para el que se está generando el horario.		
Atributo	Tipo de dato	Descripción
idMes	Integer	Código de la cuenta.
archivoHorario	Varchar(50)	Código de clase de la cuenta.
año	Integer	Año en el que se está generando el horario
mes	Integer	Número de mes en el que se está generando el horario
nombresMes	Integer	Nombre del mes en el que se está generando el horario
Índice	Tipo	
idMes	Primary key	

**Tabla CargaTrabajo**

Tabla que representa la carga de trabajo u horas que una enfermera debe hacer de determinado turno		
Atributo	Tipo de dato	Descripción
idTurno	Integer	Código del turno.
idTipoEnfermera	Integer	Código del tipo de enfermera.
cantidadHoras	Integer	Cantidad de horas que la enfermera del tipo especificado debe hacer del turno especificado.
Índice	Tipo	
idTurno	Primary key	
idTipoEnfermera	Primary key	

**Tabla CargaServicio**

Tabla que representa la carga o cantidad de enfermeras que necesita el servicio por tipo de turno.		
Atributo	Tipo de dato	Descripción
idTipoTurno	Integer	Código del tipo de turno.
idTipoEnfermera	Integer	Código del tipo de enfermera.
cantidadEnfermeras	Integer	Cantidad de enfermeras del tipo especificado que deben estar presentes en el servicio en el tipo de turno especificado
Índice	Tipo	
idTipoTurno	Primary key	
idTipoEnfermera	Primary key	

**Tabla Preferencia**

Tabla que representa el ejercicio contable de una empresa.		
Atributo	Tipo de dato	Descripción
idEnfermera	Integer	Código del ejercicio contable.
idTurno	Integer	Código del tipo del periodo.
idMes	Integer	Código del estado del ejercicio contable.
prioridad	Datetime	Fecha de inicio del ejercicio contable.

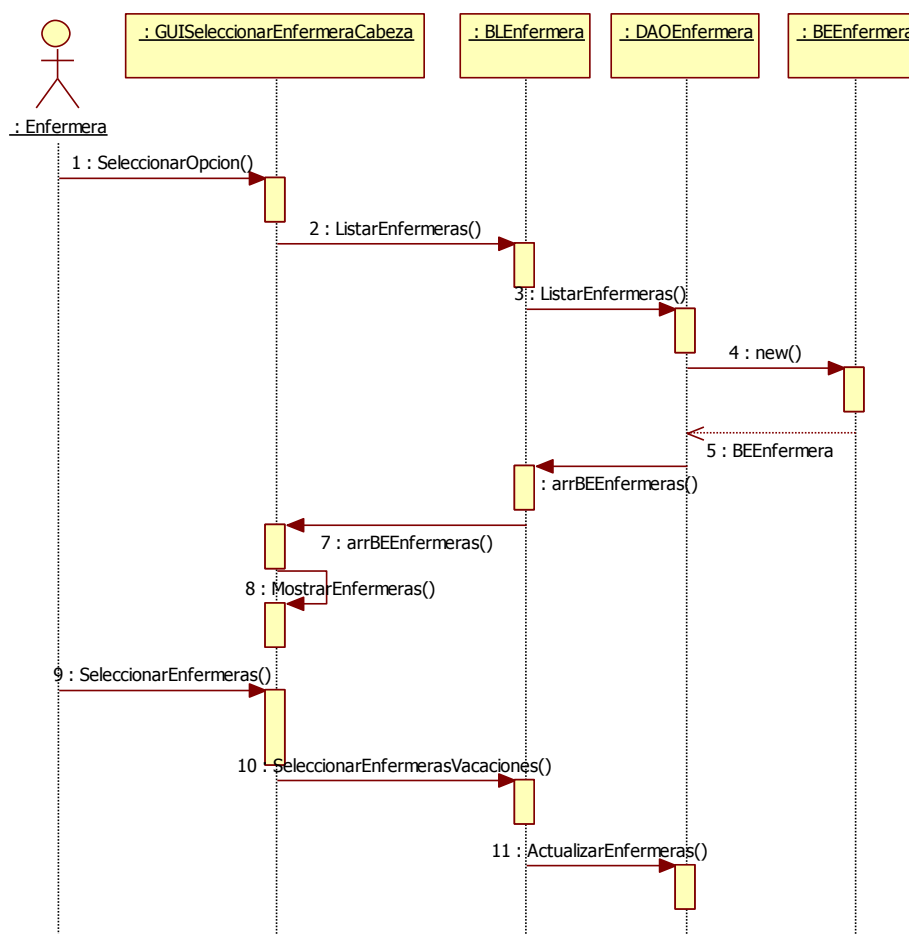
día	Datetime	Fecha de fin del ejercicio contable.
cumplida	Integer	Número de periodos.
<b>Índice</b>	<b>Tipo</b>	
id_ejerciciocontable	Primary key	
id_tipoperiodo	Foreign key	
id_estado	Foreign key	

## 5. Diagrama de Secuencias

En los diagramas de secuencias se muestran a detalle los pasos por cada una de las capas, definidas en la arquitectura, para la realización de las funcionalidades descritas en el sistema.

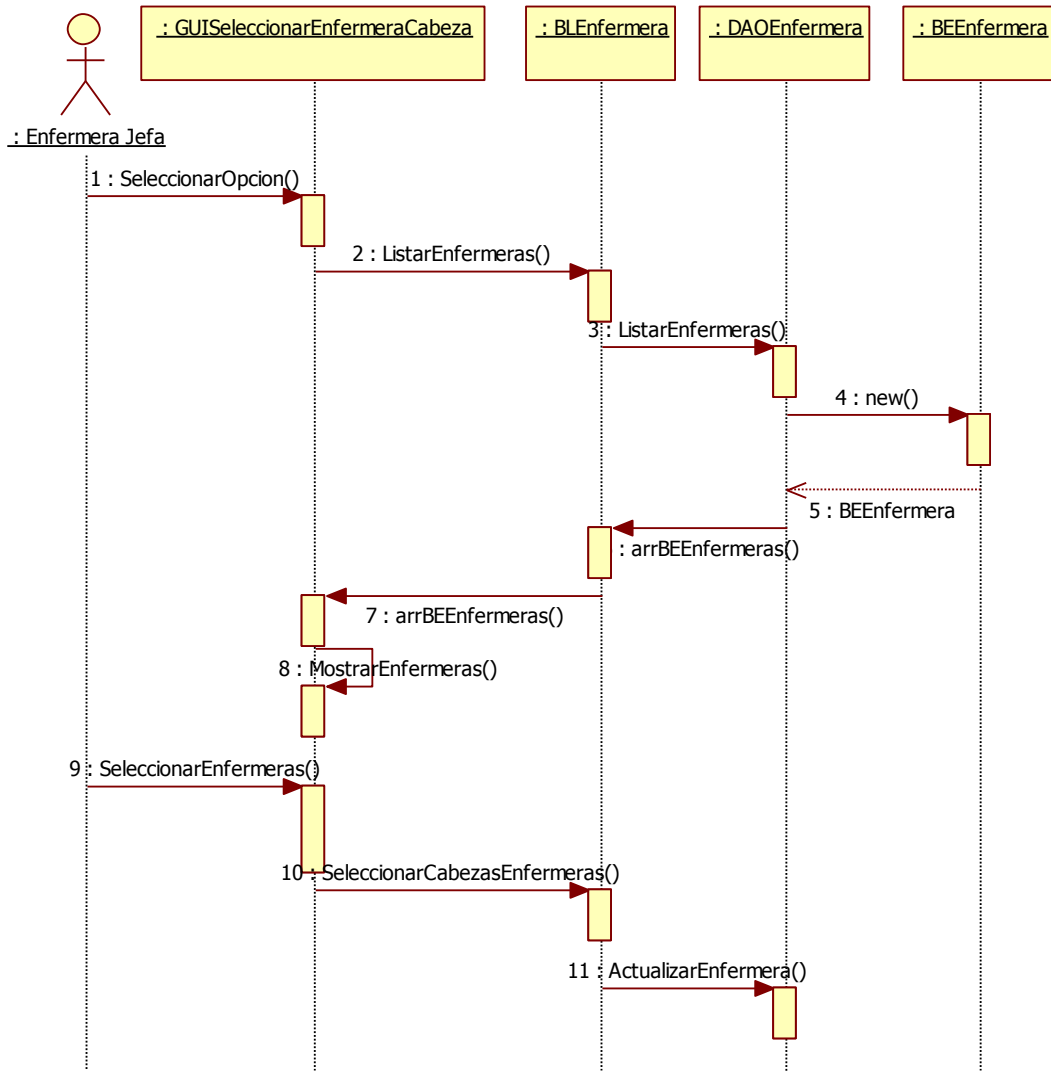
### 5.1 Diagrama de secuencias del módulo de Configuración inicial

#### 5.1.1 Seleccionar vacaciones de enfermeras



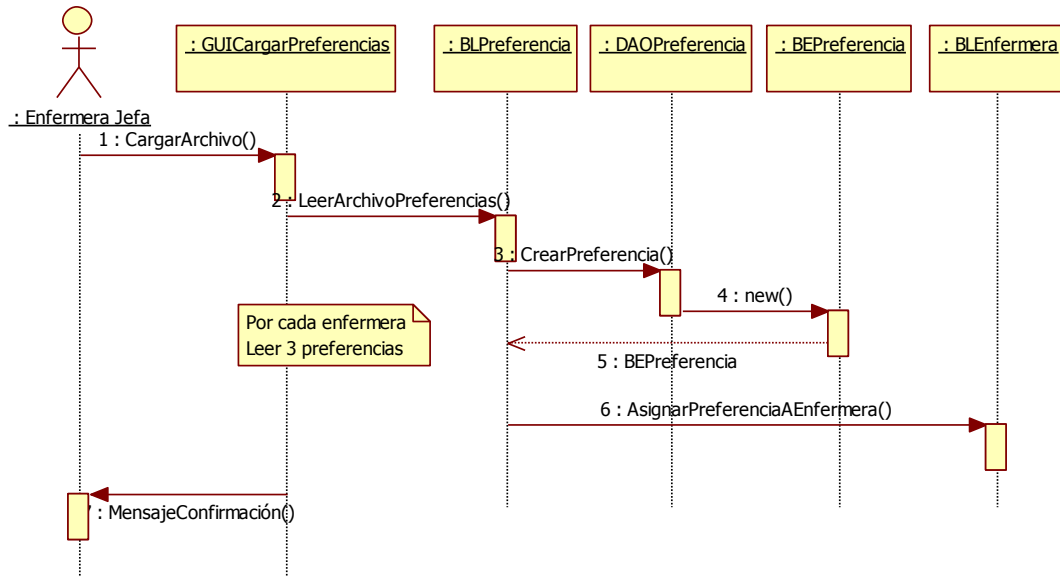


### 5.1.2 Seleccionar enfermeras cabezas de grupo



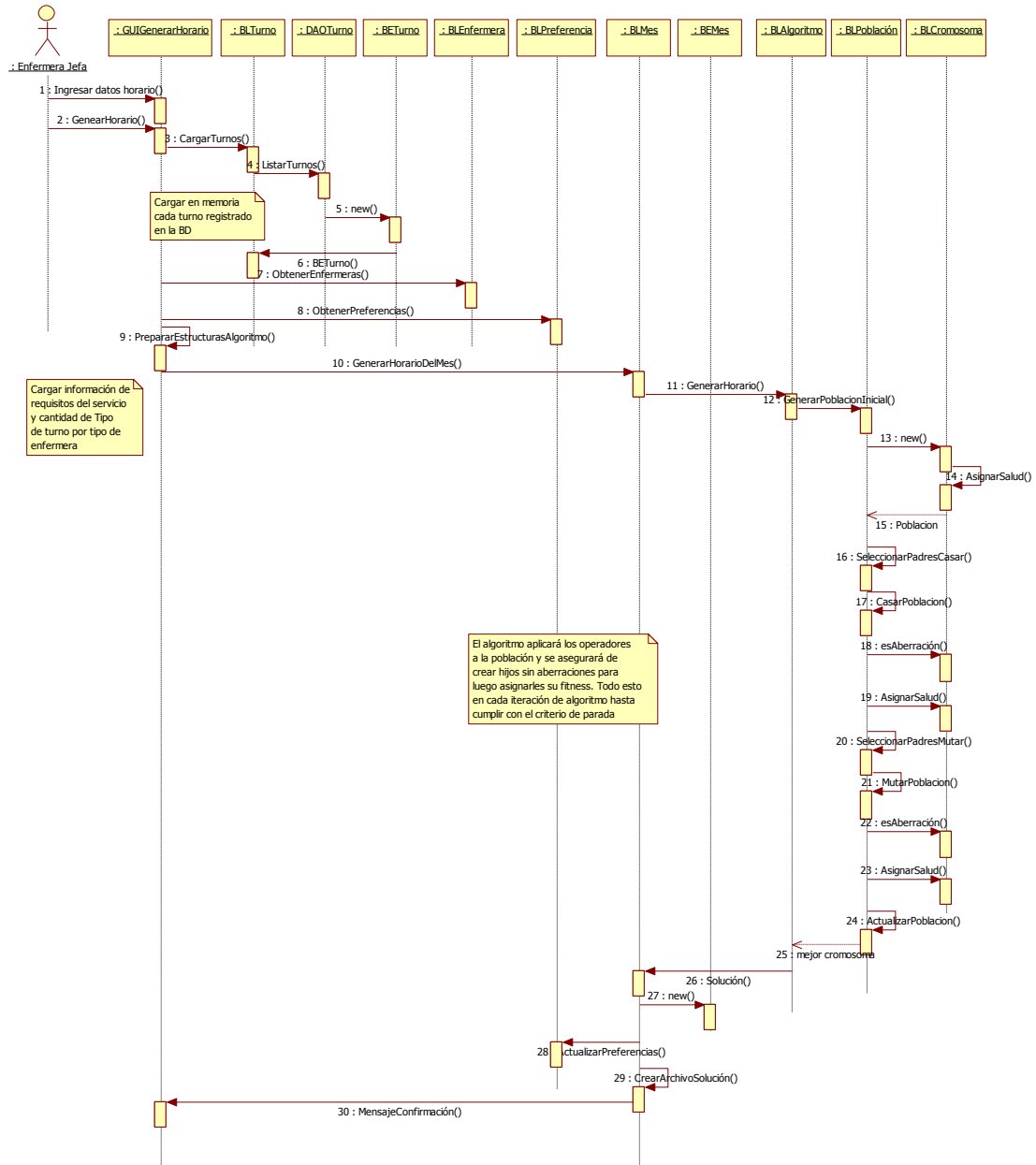
## 5.2 Diagramas del módulo de Preferencias

### 5.2.1 Cargar Preferencias

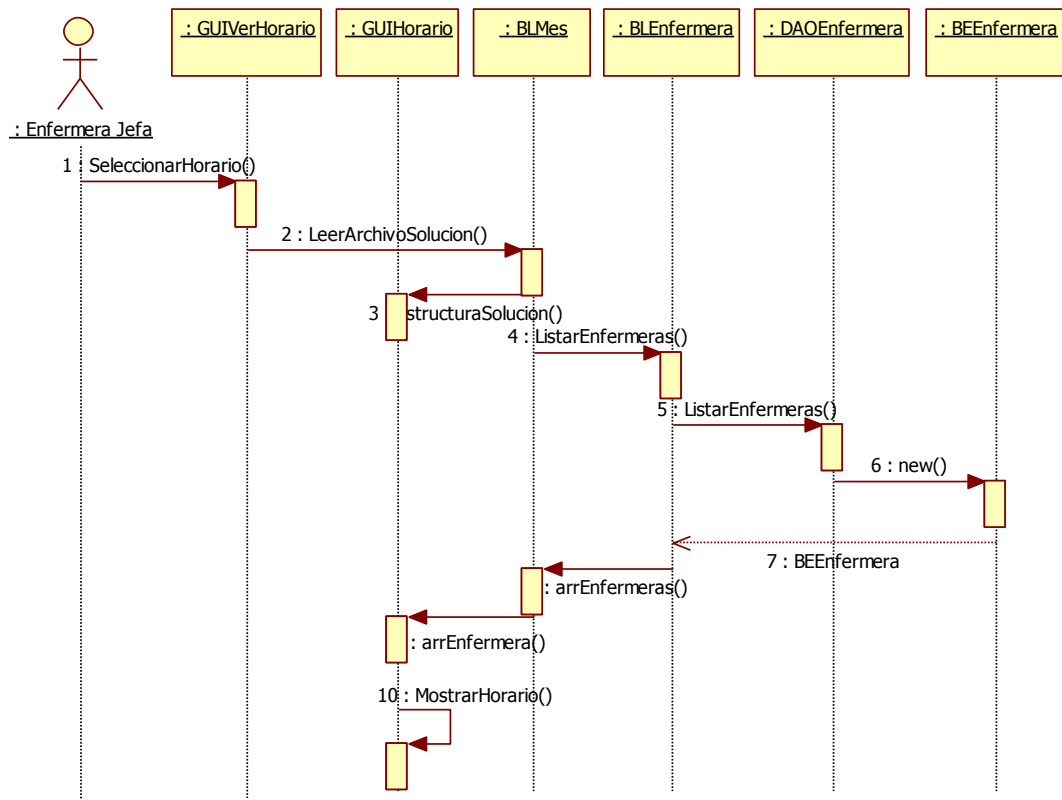


### 5.3 Diagramas del módulo de generación de horario

#### 5.3.1 Generar Horario

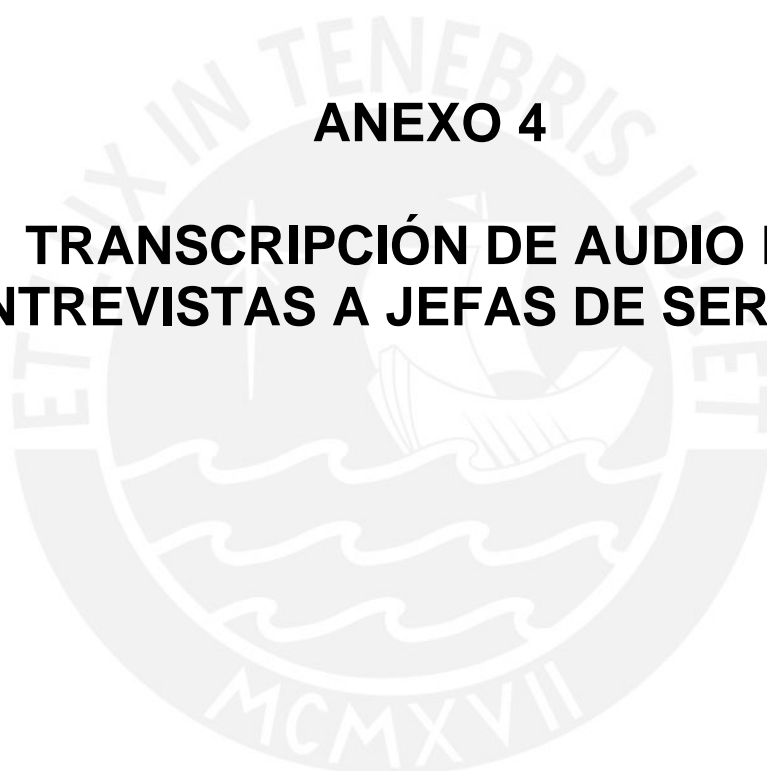


### 5.3.2 Ver Horario



**ANEXO 4**

**TRANSCRIPCIÓN DE AUDIO DE  
ENTREVISTAS A JEFAS DE SERVICIO**



Lic. Nancy Gaspar  
Jefa de servicio

**GB: ¿Me puede explicar cómo realiza sus horarios?**

NG: Estos son mis horarios por ejemplo. Entonces los horarios los hacemos mensual. Tenemos un cuadro Excel, del 1 al 30 o al 28 y colocamos los nombres. Primero a la cabeza siempre la enfermera jefe, después tenemos a las enfermeras. Clasificamos a las enfermeras nombradas primero, después a las enfermeras contratadas. Entonces tratamos de que las enfermeras nombradas tengan sus 150 horas en turno continuado, digamos si hace un día, una noche y 3 libres obligadamente. Entonces tenemos que son 6 turnos de noche y tenemos 4 turnos de día y contando las 3 productividades que nos da el gobierno, que son diurnos. Entonces tratamos de que por ejemplo aquí en el servicio tenemos 5 enfermeras de día y 4 de noche. Trato de hacer los horarios de esa manera, que todos los días tenga 5 enfermeras en el día y 4 enfermeras en la noche, 5 enfermeras de turno diurno y 4 enfermeras en el turno nocturno y tengo que ir equitativamente llenando. Entonces que hago generalmente con el personal contratado? Me llenan todos los huecos que me dejan las enfermeras nombradas. Trato porque trato y también por ejemplo al momento de hacer los turnos tengo enfermeras en turno fijo, entonces turnos fijo nos complica un poco. Turno fijo significa que ellas no hacen noche, solamente diurno, ellas son nombrada.

**GB: ¿Ellas tienen sus guardias nocturnas?**

NG: Por eso te digo, ellas no hacen turnos nocturnos y por qué son en turno fijo? Porque por edad nosotros solo hasta los 50 años podemos hacer guardia nocturna, las que queremos nos acogemos a la ley si no no. Yo tengo 3 enfermeras que se han acogido a la ley, entonces no le puedo dar turno de noche, sólo de día. Eso para ti va a ser bien complejo, te has metido en un problema terrible. Incluso aquí les damos sus libres por cumpleaños. Hacemos cambios de turnos n veces. Cuál es mi sistema de trabajo? Por ejemplo ahorita yo ya tengo los turnos de abril. Entonces que hago yo, les entrego, entonces ellas dicen: Señora yo necesito libre el 16 porque es cumpleaños de mi hijito, de mi mamá... quién tiene libre el 16? Fulanita, ya entonces ella que trabaje y tu corres para adelante entonces es bien complejo. Porque a veces lo ponemos según la necesidad del personal, bueno eso lo hago yo, no sé como en los otros servicios, les ponen trabas. Yo aquí soy bastante flexible, hago mis turnos en block y les digo a ellas que turnos necesitan. Entonces todos los borrones que tú ves es porque ellas han cambiado. La una atrasó, la otra adelantó, la otra quiere 3 días porque va a viajar, entonces yo las apoyo de esa manera, les doy la flexibilidad, soy bastante flexible. Por eso yo a la hora que tenga que presentar esto ya tiene que estar limpiecito, ya no debe haber borrones, no debe haber nada porque a la hora que ya yo presento esto ya tiene que estar impecable, sin enmendaduras, sin borrones sin nada. Entonces tengo que poner la cantidad de turnos que el personal trabaja. 13 turnos el personal nombrado y 12 turnos el personal contratado.

**GB: Con respecto a las enfermeras que me dijo que no hacen guardias nocturnas ¿también tienen que hacer 150 horas?**

NG: Todas tienen que hacer 150 horas. La clave para que tú hagas tus turnos es que tienes que saber que la enfermera trabaja 150 horas mensuales de manera equitativa todas. Las enfermeras contratadas trabajan 12 turnos nada más. Entonces tú me dirás y por qué las contratadas hacen 12 turnos nada más? Porque las otras hacen diferentes? Porque las nombradas tienen el beneficio de las 3 productividades adicionales. En cambio las contratadas no hacen productividad.

**GB: Tiene alguna forma de agrupar a las enfermeras?**

NG: Ahí las agrupo pues, las agrupo, cómo hago? Por ejemplo tengo un grupo de 5 enfermeras por día. Ahora qué hago yo para tener estas 5 enfermeras, su trabajo no? Agrupo 2 fuertes con dos débiles. Trato de equilibrar siempre el servicio, en todo el mes. Y cómo las agrupo? Pongo 3 nombradas y 2 contratadas. Y las agrupo por eficiencia más que nada que por antigüedad.

**GB: ¿Cómo maneja el tema de las productividades? ¿Procura que esté repartidas ordenadamente en todo el mes?**

NG: Las productividades Las pongo según el requerimiento del servicio, por ejemplo dónde me falta una enfermera ahí pongo la productividad, no me pueden decir nada, según el requerimiento.

**GB: ¿Cómo maneja el tema de las productividades? (en Navidad sobre todo)**

NG: Por ejemplo las navidades, la enfermera que hizo este año ya no hace el siguiente año, de lo contrario las navidades hacen todas las solteras y se toman libres todas las que son mamás. Y en año nuevo trabajan todas las mamás y las solteras tienen libres para que se vayan a bailar.

**GB: ¿Y ellas tranquilas?**

NG: Tranquilas, contentas, en verdad. Tú ahora que vas a hacer, te vas a dar cuenta. La mayoría te tocó tu turno ya lo hace. No toman en cuenta si es soltera, si es casada, en ese aspecto yo tomo bastante en cuenta a los hijos. Entonces yo hago siempre que prevalezca eso.

**GB: ¿Cómo maneja el tema de las vacaciones?**

NG: Cada una busca su mes de vacaciones, yo tomo en mayo, yo en agosto. Ahí ellas escogen su horario.

**GB: ¿Cuántos días son?**

NG: 30 días.

**GB: ¿Cuántas horas me toma?**

NG: En un solo día me demoraré en hacer mis turnos unas 3 o 4 horas, pero como tú ves no me puedo dedicar gran tiempo. Por ejemplo, hoy día avanzo un poco, al día siguiente señora necesito tal día libre, nuevamente. Lo presento al departamento, el departamento me dice sabes qué? No van a tomar vacaciones las contratadas, tengo que rehacer todo.

**GB: ¿Las contratadas toman vacaciones?**

NG: Se les daba 15 días pero ahora todavía no. Pero como han pasado a un nuevo sistema que es el sistema CAST no tienen vacaciones hasta que cumplan un año.

**GB: Ah, osea que recién van a tener vacaciones, y ¿sólo son 15 días?**

NG: Sí pero todavía no se está llevando a cabo

**GB: ¿Pero como podría ser eso?**

NG: Es la ley que está dada ya. Entonces la ley dice que las que han pasado un año deben tener sus vacaciones, pero estas chicas ya tienen más de 1 año... 5, 6, 7..10 años. Entonces están negociando por lo menos a ellas darles sus vacaciones, ya no quieren por documento.

**GB: ¿Cómo serían si se da? ¿15 días anuales, todo junto?**

NG: Claro anuales y todo junto.

**GB: En el caso de las nombradas como es?**

NG: Ellas solo 30 días, todo junto. Incluso si sale el último día del mes, 30 por ejemplo, cuando ella regrese, yo tengo que contarles 3 días más. Por guardia son dos días, dos días más tengo que contarle. Por ejemplo a ella le tocaría regresar el día primero no es cierto? Pero no, no

regresa el 1ero, regresa el 3, se hace de cuenta que recién ha salido de su guardia y tiene sus días libres.

**GB: ¿Usted también maneja los mismos horarios que tengo aquí establecidos?**

NG: Igualito. Ahora los códigos son variables, No sé si tienes los códigos. Los códigos son variables para la hora que uno va a trabajar. Por ejemplo yo este mes voy a hacer, yo tengo un 52, este 52 indica que yo me tengo que quedar hasta las 4 de la tarde. Un 60 indica que yo, esto debe tener tu mami, indica que yo me voy a tener que quedar hasta las 3 de la tarde. Todo esto yo tengo que sumar y me tiene que dar 150 horas. No me puedo exceder ni me debe de faltar. Entonces estos códigos de turnos van a hacer que la suma de ellos te dé las 150 horas, estos códigos de turnos equivalen tanto para técnicas como para enfermeras. Ahora todo lo que te he hablado es sobre las enfermeras, las técnicas tienen otro tipo de horario. Por ejemplo las técnicas hacen 13 turnos y medio, el personal técnico nombrado hace 13 turnos y medio y las técnicas contratadas hacen 12 turnos y medio, técnicas contratadas. Después todo lo demás se cumple igualito, requerimientos, etc.

**GB: ¿Cree que el sistema que genere los horarios la ayudaría?**

NG: Yo te diría que podría ayudarnos como que no también. Como tú ves tendría, son bastantes parámetros. Es igual como lo que hace el departamento, yo le entrego los días 4 del mes ya debo de estar entregando los turnos, al día 8, 9 me lo están devolviendo para hacer los cambios nuevos que quiere el personal, ya? No puedes tener algo estable. Eso es lo que tienen abajo, lo llenan todo, a veces lo cambian, sabes qué? Pero ya sea directo o con documento ya te genera que te malogró todo. Los cambios son muy variables, no son estándar, porque si fueran estándar, no se hace cambio no se hace nada, ahí serviría lo que tú vas a hacer y ya lo programas y sale programadito, pero con todas las variables que tiene te malogra todo tu esto.

**GB: Hasta qué momento se pueden hacer los cambios?**

NG: Hasta la primera semana de cada mes

**GB: Del mes que ya se programó?**

NG: Exactamente. Una vez que ya se programó puedes seguir haciendo cambios pero ya con documento.

**GB: ¿Luego siempre va a ser con documento? Porque lo que mi sistema, osea lo que estoy pensando es hacer un módulo, donde ustedes las jefas puedan configurar los parámetros, todos lo que toman en cuenta: vacaciones, feriados, que utilicen los criterios para hacer los horarios. Pero también tener un módulo donde puedan las enfermeras mismas de repente seleccionar algunos días de preferencia de no trabajar o de trabajar o de tener tal turno, no? Entonces va a ser un poco más flexible para ellas, van a poder acordarse más rápido de los cambios o días fijos que quisieran tener libres.**

NG: Te diré que eso es bien difícil. Con decirte que yo les digo: Por favor díganme con tiempo el cumpleaños de su papá, de su mamá, de su hijito, de su vecino, mira con un mes antes. Ya están los turnos listecitos y señora Nancy es cumple d mi hijito y no le dije y ya estaba limpiquito bien bonito, borre usted y cuando lo presento al departamento me califican: borrón.

**GB: ¿Y de todas maneras usted lo cambia?**

NG: Lo cambio, eso es lo bueno, hay colegas que no lo hacen, pero yo sí lo hago porque me pongo a pensar, así cómo tú dices, yo lo he pasado, yo no quiero que el resto pase lo que yo he pasado. Yo soy en ese aspecto, por ejemplo mira, mañana tenemos reunión de servicio, mañana están los turnos, última oportunidad para cambios, así hago ah... con todas esas todavía. Ya todas revisan, yo pongo en un ladito, revisado revisado, por ejemplo aquí ves todas las enfermeras que ya revisaron sus turnos. Se supone que ya nos le debo de tocar, ya no debo hacer nada, pero de repente viene con su carita triste, señora por favor. La señora Nancy



es mala, claro ya sus hijos están grandes, ya no le interesa. Pero dime tantas facilidades yo les puedo dar, has tus encuestas y verás que nadie le da tantas facilidades. Para mí que salgan los turnos hechos sería bacán, estupendo, pero cuál es el otro factor que también te corre. Por ejemplo sale de guardia, el último día va a tener 3 días más. La otra que salió dejando un día, le tengo que poner dos días más por ejemplo. Es bien variable, te has metido en un asunto en el que tienes que ver bien todo esto. El problema va a ser los cambios que hagas, porque el seguro por ejemplo tiene un estándar de dos cambios nada más, en cambio nosotros muchos. Eso es lo malo porque aquí se ha mal acostumbrado a la gente.

**GB: Sí pues**

NG: La voz es decir, ya todas tienen opción a 4 cambios, nada más, pero... y como había tanto problema nos lo han dado a que las jefas lo hagamos y cuando ya todas cambiaron presentemos, pero a pesar de eso la gente presenta con documento. Por ejemplo es que saqué una consulta, yo pensé que me iban a dar el 15 pero ya no es el 15 ahora es el 20, ese tema, los hijitos, ese es otro problema, se enferman, de licencia, te malograrón todo, los descansos médicos, por enfermedad, las inasistencias injustificadas.

**GB: Claro bueno yo pensaba presentar mi tesis haría básicamente todo**

NG: Tú hazlo como lo ideal, tú tienes que omitir toda esta sonsera de los cambios.

**GB: De todas maneras la intención es poder ayudar y que sea eficiente mi sistema, no sólo quiero hacer una tesis y presentarla, quiero que en verdad le sirva, a mi mamá por ejemplo y a sus colegas. Pero ya luego me encargaría de...**

NG: Pero que sistema por ejemplo, tu mamá te ha dicho lo mismo que yo te he dicho?

**GB: No me ha mencionado todo lo que usted me ha dicho de los cambios a última hora, de repente ella ya no permita. No sé, no estoy segura. Pero de todas maneras si el sistema puede hacer un horario, de hecho que lo saca más rápido que manualmente.**

NG: Quizás tenerlo listo y ya lo único que hago yo es bajarlo. Bajarlo y ya a ver quiénes quieren su cambio y papapapaa y ahí no más no más, en lugar de estar escribiendo y perder el tiempo, porque en verdad esto es una pérdida de tiempo. En cambio si ya está listo, lo único que hago es borrar no? Lo adelanto, lo atraso pero ya está listo, y en el mismo sistema y ya, nuevamente se envía al departamento de enfermería para que el departamento ya lo imprima con sus correcciones, que para ellas también sería mucho más fácil. Pero debería estar en el sistema, yo estoy de acuerdo con eso y que sean modificables en el mismo sistema y no perder tanto tiempo y que ahí no más ya quede. Pero con no tan solo esté acá en el hospital, porque aquí en el hospital nosotros no tenemos tiempo, yo estos turnos lo hago en mi casa, no lo hago acá. La cosa es que esté en el sistema y puedan mandárnoslo a nuestro correo, cosa que en la casa nos sentamos y hacemos todas las correcciones y ya lo enviamos corregido.

**GB: Hablando de correos... me puede dar su correo electrónico**

NG: [ngm50@hotmail.com](mailto:ngm50@hotmail.com) Nancy Gaspar Meza, 50 años ya pasé ya pero bueno para no cambiarlo. Si tú lo haces, lo ves, entonces yo puedo ponerlo a la práctica y de repente lo ponemos a prueba.

**GB: Sí y bueno con todo lo que usted me cuenta se me ocurre que si se da un cambio, el sistema pueda sugerir un cambio pero a partir de este día no?**

NG: Sí y tiene que ser flexible tu sistema. No ya lo mandé a la computadora, ya no se puede porque ya fue a informática, ya fue al comedor. Entonces tiene que tener todas estas ventajas, que se va a cambiar, se va a modificar y se manda.

**GB: A es que lo que pasa es que mi mamá me comentaba que más que todo ellos sólo traspasan los datos, verifican también. Lo que yo quiero hacer es generar el horario, o sea lo que ustedes piensan, eso que haga el sistema, todo su trabajo.**

NG: Pero no podrías hacerlo por lo que te digo pues... porque yo no sé quién va a necesitar cambios, yo no tengo los cumpleaños de los hijos de todas mis enfermeras, ni de todos los esposos. Yo tengo 44 personas a mi cargo, de las 44, 44 esposos, 44 novios, 44....

**GB: Pero es extraño también no? Porque también no se le da siempre a los trabajadores tanta consideraciones por cumpleaños de familiares.**

NG: Ah no, yo sí yo sí.

**GB: También se le da libre por cumpleaños no?**

NG: Sí, pero aquí yo les doy libre porque ellas me piden y si su compañera está de acuerdo... hacemos el cambio. Depende de la flexibilidad de cada jefa, vas a encontrar jefas que son bien parcas, yo les permito 2 cambios nada más y punto, así lloren. Me cuentan, señora cuando yo estaba en tal sitio, la señora Mery bien mala, en cambio aquí dicen la señora Nancy no se que hace pero a todas nos da nuestras vacaciones. Cuando antes tenían una semana dicen no sé como hace pero todas nosotras tenemos nuestras vacaciones. En otro piso no les dan porque dicen que no hay personal, pero aquí sí, pero se tienen que sacrificar, no voy a poder poner 4 en la noche, sólo 3, ya señora, descanso.

**GB: Es la forma también de poder tener en satisfacción al personal no?**

NG: Claro así están satisfechas, bien ingrata es nuestra profesión, por más que nos esforcemos....bien ingrata.

**GB: Porque por ahí también estaba leyendo un poco de información sobre los hospitales y van de la mano pues, la satisfacción del personal con su trabajo más o menos no? Y de alguna manera usted puede.**

NG: Yo le doy todas las satisfacciones, aunque a veces dicen que las maltrato jaja. En qué mas te ayudo Gissella?

**GB: Sí, eso sería todo, muchas gracias.**

Lic. Violeta Arroyo  
Jefa de servicio

**GB: Es sobre mi tesis...**

VA: Dice aquí, me podría explicar como elabora el horario de un mes? Primero comenzando que el persona, enfermeras debe laborar 150 horas, entonces hay que programar las 150 horas ya sea en un mes largo, en un mes corto como febrero, de 30 o de 31 días. De técnicas por ejemplo, esto es de enfermeras sólo o también de técnicas?

**GB: También de técnicas**

VA: Las técnicas tienen que trabajar 156 horas, media hora más. Entonces vas a repartir los turnos de acuerdo a eso. Ahora, en la modalidad del hospital es diurna y nocturna, turno diurno y nocturno de 12 horas. Esa es la programación (interrupción). Tiene alguna forma de agrupar a las enfermeras en un mismo turno? Por antigüedad por eficiencia? Yo más que nada de repente por eficiencia, una enfermera nueva con una enfermera que va a saber orientarla, no? Por antigüedad también de repente, pero eso va a depender si tengo enfermeras que son eficientes, a veces son antiguas pero no son eficientes, antiguas porque ya conoce la rutina del servicio.

**GB: Pero en el caso por ejemplo de un turno diurno ¿cuántas enfermeras tiene que tener en el turno diurno?**

VA: En mi servicio?

**GB: Ajá.**

VA: Yo tengo 3 enfermeras en el diurno y 2 de noche.

**GB: ¿Y en el caso del día trata de tener al menos una enfermera que sabe?**

VA: Una enfermera que al menos sepa, o sea conoce. Puede ser eficiente pero es joven, es nueva, porque hay eficiente eficiente es joven, no necesariamente antigua, conocen la rutina, pero no son eficientes pues.

**GB: ¿Cómo maneja el tema de la productividad?**

VA: La productividad se pone de acuerdo a qué día tienes menos gente, entonces tú tienes que ver que días te está faltando la gente y ahí le tienes que poner pero respetando siempre los días de descanso. Generalmente se coloca en el diurno, un día antes del diurno que tiene que hacer. Y se procura no poner la productividad en días feriados ni domingos, porque si no pierden su porcentaje de pago, una guardia por ejemplo.

**GB: ¿Cómo maneja el tema de los feriados? (en Navidad por ejemplo)**

VA: Yo para mí, los feriados, normal. Si le toca su turno, a quién le corresponda le pongo, caiga donde caiga su turno le pongo. Porque yo no puedo pensar con el corazón, tengo que pensar por la mente y con la necesidad institucional. Si empiezo a pensar con el corazón, no tengo ninguna preferencia por nadie. En cuanto a navidad, lo maneja el departamento de enfermería, fulana, sultana mengana hicieron noche, más que nada toman en cuenta la nocturna, de navidad y año nuevo, osea 31 y 24. Osea el resto de horarios no lo toman en cuenta, si esta señorita hizo, ya entonces hay que cambiarle.

**GB: O sea más que todo**

VA: 24 y 31, 25 y 1ero no. El asunto que se toma en cuenta es la guardia nocturna.

**GB: ¿Cómo maneja el tema de las vacaciones?**

Las vacaciones siempre se procura programar una por mes, se programaba una por mes, pero si había que salir dos, ahí había problemas, porque eran 13 técnicas y son. Pero de las técnicas serán pues 10 nombradas y se programa una por mes. Ahora que son contratadas aún no nos están dando visto bueno para las vacaciones.

**GB: ¿Y cuántas enfermeras maneja usted?**

VA: Yo manejo 13 enfermeras.

**GB: ¿De ellas cuántas son contratadas y cuántas nombradas?**

VA: No ahorita son toditas contratadas, técnicas y enfermeras. La única nombrada soy yo.

**GB: ¿Y por eso no maneja el tema de vacaciones?**

VA: Ahorita yo no manejo el tema de vacaciones. Ahora porque todavía no hay una resolución. Según el nuevo CAST dice que las vacaciones se harán efectivas, después del año trabajado. En 15 días no interrumpidos, pero cumpliendo el año de trabajo. Entonces se estuvo dando, el primer año, pero lo suspendieron porque no está.. tienen que normalizar, o sea sacar nuevas normas, para que pueda salir y no tener en contra a la ley no? Porque si no... cómo están dando vacaciones si el CAST ha salido recién, entonces es un error.

**GB: ¿Cuántas horas le toma elaborar el horario?**

VA: Depende, depende de mi humor, o de por ejemplo, yo cada 6 meses roto al personal. Generalmente son parejas. Ahora por ejemplo qué pasa? Yo roto al personal continuamente porque son 15 técnicas yo roto 10 en rotativos, 5 en turnos diurnos. Entonces una de ellas puede reemplazar noches, si le sobra las noches a otra. Y esa persona queda para el servicio y 2 en caso de que haya menos pacientes porque se ha quedado así, entonces el personal se queda de retén y sale afuera.

**GB: O sea cada 6 meses roto al personal, 2 por ejemplo.**

VA: No, roto todo el turno.

**GB: ¿Pero qué significa rotar exactamente?**

VA: O sea 6 meses trabajan las cabezas de grupo con la enfermera de acá, entonces 6 meses van trabajando juntas, en el mismo turno. El próximo semestre, las cambio de parejas, ya no trabaja esta enfermera con ella, con la técnica.

**GB: Ajá, ya. Porque en el día ¿cuántas enfermeras maneja? 3 enfermeras y hay una pareja al menos en el turno diurno y luego cada 6 meses ya de nuevo. Pero siempre se cumple que en 6 meses están ellas juntas, todos los turnos. Y ahí está juntando una enfermera cabeza con una enfermera que recién está aprendiendo más... algo así? O cómo las conforma más o menos? Con qué criterios conforma las parejas?**

VA: Las parejas entre dos técnicas por ejemplo, una que es más rápida, igual el mismo criterio que las enfermeras. Una que pueda resolver el problema y la otra que es un poco más lenta, tiene la facilidad de tener iniciativa, entra ahí una que es más mosca como se dice. Siempre tomando ese criterio.

**GB: ¿Cuántas horas me lleva?**

NG: Cómo te digo depende, a veces en un ratito lo hago, en una noche, si tengo ganas. Si no tengo ganas me demoro 2 días o 3 días, o a veces en media hora, depende como esté de ánimo, a veces estoy desganada.

**GB: Y si utiliza 2 o 3 días, cuántas horas por día?**

VA: No, un ratito, no me demoro mucho. Yo me siento y empiezo a hacer, al toque sale.

**GB: ¿Y en qué aspecto podría ser que encuentra la mayor dificultad? ¿Los cambios como los maneja?**

VA: No, tampoco los manejo. No, yo cuando necesita cambio el persona, qué hago yo? Yo hago el turno, les enseño y ellas cambian su turno. Por eso te digo, yo no pienso con el corazón, yo hago que todo el mundo sienta. Oh ya me tengo que ir a trabajar! Por ejemplo abril. Ayer en la tarde me senté, sin que me corresponda a hacer, llegó mi esposo a almorzar, lo suspendí todo, si no lo hubiera acabado de repente. Si es cumpleaños y si está dentro de sus descansos, pero le pongo libre para no ponerle ninguna producción ese día, pero generalmente Nunca pongo en el segundo si no en el 3ero.

**GB: Ah, pero esto es después de una guardia ¿no es cierto?**

VA: Si

**GB: Pero como mínimo le exigen dos días, entonces ¿esto se puede hacer en casos excepcionales?**

VA: En caso de necesidad del servicio podemos poner medios turnos, medios nada más, no turno entero. Tú puedes ver aquí en mis turnos, aquí tengo dos medios turnos, dos medios turnos, yo respeto la cosa. Nada tengo antes, acá es diferente, no tengo medios turnos que no tengo como jalar.

**GB: Pero esto es un cambio ¿no? Un cambio que han hecho las chicas. O sea usted elabora, faltando cuánto tiempo para el próximo mes?**

VA: No yo lo hago cuándo tengo ganas, no estoy pensando, cuando tengo ganas de hacerlo lo hago, a veces no tengo ganas de hacer del mes, me demoro y entrego tarde. Les muestra a ellas para que hagan los cambios. El día de la reunión les muestro sí.

**GB: ¿Tienen un día de reunión?**

VA: Todos los tercer miércoles, diré los últimos miércoles de cada mes.

**GB: Cree usted que un sistema que genere el horario automáticamente le ayudaría?**

VA: Sí, puede ser, pero es bien difícil. Sabes por qué? Si está automáticamente hay que ver que el mes, los días, por ejemplo, el domingo yo no puedo poner la cantidad de gente que pongo en un día particular. Al contrario, reduzco gente. Entonces si es automáticamente, a no ser que automáticamente corra la fecha de, a domingo las cosas ayudaría ¿no? Pero si sale así 1, 2, 3, 4, 5 enumerado, no te conviene. Te va a salir en día particular el otro mes, te va a salir lo que era domingo en día particular te va a salir con menos gente ¿no?

**GB: Pero entonces el domingo tiene otra cantidad de enfermeras**

VA: El domingo y sábado menos gente. Por qué? Porque esos días no hay muchos exámenes auxiliares.

**GB: Ah ya, pero más o menos ¿cuántas enfermeras?**

VA: No siempre son 3 enfermeras, de técnicas son menos. 3 técnicas los domingos. Pero no son 4 pues, esto está condicional a 3 de turno largo, 3 de medios turnos y los días normales, pero sábado tengo 1 de medio turno y 3 de largo y domingo tengo 3 de largo nada más.

**GB: ¿Qué otra funcionalidad? Algún criterio que no haya mencionado de repente**

VA: Ah bueno que salga ahí la programación de los cumpleaños, puede ser, más que nada, porque después. Y que también se de cuenta si trabajó el feriado importante, feriado navideño, eso ya debe estar computarizado, no esta chica ya trabajo la noche del 24 de este año.

**GB: Y una última preguntita, usted estaría de acuerdo en un sistema por ejemplo que tome en cuenta las preferencias de las enfermeras para elaborar el horario? O sea los requisitos de la institución, que serían en verdad los cambios que ellas hacen a posterior del horario generado. Osea antes de que salga el horario final, usted les muestra. No, eso hay, las señoritas de RRHH, del departamento, ella manda un cronograma, en tal fecha usted tiene que entregar los turnos, en tal fecha revisado, tal fecha sale publicado, y después de esta publicación les dan un plazo al personal para que presenten sus cambios, o sea que sí lo dan.**

VA: No es la jefa la que tiene que hacer los cambios. Por eso te digo, la enfermera tiene que hacer sus cambios. ¿Por que se debe eso? Para que no se preste a que hay jefas, no pero esta chica estudia mira, la otra que no estudia, le chantan los horarios, y le chantan los horarios a la otra. Yo me evito problemas. Si me van a mandar un persona con turnos de puras noches, por favor, pónganla en otro sitio, yo no las quiero. Porque no le voy a quitar el beneficio del otro personal que tiene que hacer su día y noche. Bien con uno, bien con todos.



Lic. Mery Raimundo  
Jefa de Servicio

**GB: Mi tesis se trata de un sistema que genere los horarios de un personal del servicio. Me podría explicar cómo elabora el horario de un mes?**

MR: Bueno nosotros, para todos los servicios ya están especificados, ordenados. Lo que hacemos es más que todo hacer cumplir, nosotros no podemos decidir de tal a tal hora.

**GB: Ya están especificadas las 150 horas de las enfermeras, 156 de las técnicas, verdad?**

MR: Sí

**GB: ¿Y toma en cuenta algunos criterios de preferencias de personal?**

MR: Yo ahí sí aplico mis criterios en la programación de turnos por ejemplo. Muchas por lo que estudian, les doy facilidad y otras porque trabajan en otro lugar, les tengo que dar facilidad también. A veces yo les exijo y con eso, trato de cubrir mi exigencia.

**GB: ¿Tiene alguna forma de agrupar a las enfermeras?**

MR: Generalmente nosotros tenemos una reunión mensual, lo hacemos los jueves de la cuarta semana de cada mes. Al inicio, entre dos, entre técnicas y enfermeras, las problemáticas que hay en el servicio, que pueden ser las relaciones, discusiones, en el trato, felicitaciones también se les da. Pero ahí hablamos generalmente en forma grupal de las técnicas. Y de una manera muy persona entre las enfermeras, por ética profesional, porque si no, se desvirtuaría. Cómo la enfermera, cuando sale la jefa, se queda como jefa, sería restarle, para mí no? Sería restarle autoridad. Cuando ya nos quedamos solas, les hago ver sus altos y bajos. Yo como jefa también les pido evaluación, porque no es el hecho que yo no más evalúe, si no yo también pido retroalimentación. A ver díganme, cómo me han visto, en mi trato, mis llamadas de atención. Señora el otro día usted se acaloró, entonces me disculpo delante de todas. Tiene razón, tiene razón, me he portado muy agresivamente. Quiero que me entiendan ustedes y era la 2da vez que pasaba, que no vuelva a ocurrir, siempre hay que tener cuidado con los pacientes de clínica, y así pues hablamos. Para la experiencia, la antigüedad no me fijo en eso. Se puede ser muy joven con mucha habilidad, como se puede ser muy antigua puede no tener esas habilidad. Antigüedad no quiere decir destreza no? Ahora eso, generalmente lo veo por ese lado.

**GB: ¿Cuántas enfermeras tiene que tener en el turno diurno por ejemplo?**

MR: Ahorita, estoy trabajando con una sola enfermera, porque hay solo 6 camas.

**GB: En algunos otros meses ha tenido que trabajar con 2 enfermeras por ejemplo?**

MR: Sí con dos enfermeras.

**GB: ¿Y cómo les pone el turno por ejemplo?**

MR: Trato de balancear, como siempre a mi me rotan el personal, entonces trato de balancear hijita, en qué sentido. Pongo a la que tiene más habilidad, mas destreza más eficiencia, para que le pueda guiar a la otra, no? Y las dos se preguntan. Y en el momento en que yo estoy trabajando trato de estar más con las que tienen más experiencia disimuladamente porque en clínica tú no puedes entrar de frente a supervisar. El familiar puede decir, pero cómo es nueva? Entonces hay que tener bastante criterio, disimuladamente ya cuando yo veo algo les digo: "mira esto tienes que mejorarlo, en esto, en esto" Le hago un seguimiento, en bien de aconsejándole que tiene que mejorar, no? Así todos hemos iniciado y nuestras habilidades y experiencias han sido así, mejorando, eso es bueno.

**GB: ¿Y cuántas enfermeras maneja en total, así entre enfermeras y técnicas, nombradas y contratadas.**

MR: 5 enfermeras, y técnicas, como son recursos por incentivos. Osea no estan trabajando las técnicas con turnos estables, sino que vienen de otros servicios, son turnos extras que les pagan en efectivo. Aparte de sus turnos hacen turnos extras.

**GB: Pero estables aquí en el servicio ¿no hay?**

MR: Tengo dos no más y las otras 3 son así que vienen a cubrir sus turnos extras. Y él total de enfermeras son 5, conmigo 6.

**GB: Y entre turnos diurnos y nocturnos ¿se dan a basto?**

MR: Uno, uno. Uno cada una.

**GB: ¿O sea ellas tienen que hacer igual las 6 guardias nocturnas?**

MR: No, las contratadas no es así tanto, depende como les paguen. Sólo las nombradas por lo que perciben una bonificación.

**GB: O sea ahorita todas las enfermeras son contratadas.**

MR: Sí todas son contratadas, las técnica también. La única nombrada soy yo.

**GB: Y así es más o menos, generalmente todos los meses, o a veces le puede tocar más....**

MR: Por el momento sí, recién hemos iniciado, vamos a cumplir 3 semanas. Pero antes sí teníamos turnos fijos. Recién hemos empezado 3 meses.

**GB: Y más o menos cómo ve el panorama, siempre va a tener contratadas...**

MR: De hecho para clínica siempre son contratadas.

**GB: La siguiente pregunta es ¿Cómo maneja el tema de productividades?**

MR: Las productividades siempre las balanceo, porque todas tienen que trabajar igual para su mejor rendimiento, todas tienen que trabajar igual. Equitativamente para todas, y en esa parte tú tienes que estar porque algunas se aprovechan de las otras, como la veo que varias trabajan años conmigo, entonces voy y pregunto qué estás haciendo y Domitila que está haciendo? Repartir el trabajo.

**GB: Pero procura que más o menos. Un turno diurno dura de 7 a 7, pero eso es incluyendo la productividad.**

MR: ¿Productividad? A qué te refieres con productividad? No no, ellas no maneja, las contratadas no manejan.

**GB: Ah claro las contratadas no manejan productividad. Ah pero y las guardias son 12 horas, ya. Y luego ¿cómo maneja el tema de los feriados?**

MR: Ah esto, navidad, año nuevo y fiestas patrias, más que nada navidad y año nuevo es rotativo si están en el servicio por varios años. Pero si no están por varios años le pregunto si el año pasado ha hecho en otros servicios, porque no sería lógico que nuevamente le programe. En el servicio sería nueva, entonces para verificar bajo al servicio de enfermería y pregunto, entonces me dicen sí ella ha trabajado, equitativamente todo. Tienes que se correcta en esto, si no eres correcta ya perdiste.

**GB: Pero por ejemplo hay algunas que ya trabajaron el año pasado**



MR: Ahora por ejemplo en navidad, si por un por si acaso, a mi me toca trabajar en navidad porque ya hace 4 o 5 años que no he trabajado, pero soy mamá y en año nuevo le toca a otra soltera. Entonces yo les digo, mira siempre los niños esperan estar en reunión familiar, ella tiene hijitos pequeñitos, tú hijita le podrías hacer su navidad y ella te hace el año nuevo, porque el año nuevo es para la juventud, entonces ella dice ya señora. Ya si en caso no me quiere aceptar, yo le digo anda tú, intenta por tu lado.

**GB: Pero si por ejemplo tiene 5 enfermeras, y una ya hizo el año pasado y cuántas se tienen que quedar, una sola, y la que se queda sin nada y tampoco ha hecho los otros años. Las otras enfermeras no se quejan?**

MR: Siempre preguntan, ya ella cumplió eso. Por ejemplo de las 5, una no más ha hecho el año pasado, entonces las 4 entramos a sorteo. Porque tampoco es lógico que tú le asignes. La otra también dice ay a mí que me toque libre señora, a mí, entonces sorteamos, salomónicamente.

**GB: ¿Cómo maneja el tema de vacaciones?**

MR: Para mí es una lástima no darles vacaciones, porque este año se han suspendido las vacaciones. Por el CAST han cambiado a una modalidad nueva, entonces este año no van a tener vacaciones porque es su primer año de contrato del CAST.

**GB: El CAST qué es?**

MR: El cast es un nuevo sistema, lo que antes era el SNP (servicios no personales) y qué lástima no? Porque mira hay enfermeras que ya tienen 11 años trabajando, es un abuso. Para mí te estoy diciendo, mi opinión, pero bueno ellas ya aceptaron firmar así. Pero anteriormente las vacaciones las hacíamos por respeto y horas de servicio, ahora si ella no quería salir en esos días, entonces tú en tal fecha quieres, yo decía quién quiere salir en este mes porque fulanita no quiere salir y en tal fecha le tocaría a ella, tú querrías, entonces ya ni modo a ti te toca esto, busca a otra persona que pueda hacer el cambio. Ellas discuten y se agradan que salgan contentas.

**GB: Es bueno para que el personal salga satisfecho.**

MR: Porque así como le exiges, yo les exijo mucho, entonces que doy? Hay algunas muy buenas, excelentes, se esmeran, tengo yo que saber facilitarles, digo no? Le estoy dando este mes que ella me está pidiendo porque durante todo este mes, ella se ha desenvuelto y espero que todos seamos iguales. La próxima tú me pedirás tal fecha y se te dará.

**GB: ¿Cuántas horas le toma elaborar un horario?**

MR: Ahora con las 5, con las enfermeras no tengo problema. Con las técnicas me lleva hijita días de días porque primero tienen que ver en cada piso que están haciendo extra, la jefa de acuerdo a como elabora, entonces soy al final de entregar, si es posible me lleva 15 días.

**GB: ¿O sea los días que les sobran en los otros servicios?**

MR: Esperar, para yo poder programar.

**GB: Y esto es común, que las técnicas tengan que cumplir las horas extras aquí.?**

MR: Es que esto lo han acordado por sindicato y la dirección recién ha dado esta dispositivo.

**GB: O sea que casi siempre**

MR: No van a contratar personal, van a utilizar del mismo recurso. El sindicato de técnicos ha pedido que sea rotativo y cada 3 meses van a rotar.

**GB: Ya osea, esto va a hacer común**

MR: Está bien también mira para lo que ganan, 700 al menos 3 turnos ya es algo más. Es poco también lo que les pagan.

**GB: Pero eso es extra, no son dentro de las 156 horas. Y cuántas horas se les asignan? ¿O ellas proponen cuántas horas?**

MR: Sí es aparte. Mira ve 6 turnos por 12 horas cuánto es? 72 horas.

**GB: Wow, o sea 6 días.**

MR: Sí, 6 días por 12 horas.

**GB: 6 turnos que pueden ser diurnos o nocturnos. Ya claro. Una última pregunta, ah no hay dos más. Cree que un sistema que genere...**

MR: Bueno a mí como jefa me ayudaría, pero habría circunstancias problemáticas. En qué sentido? En que ya no les podríamos dar facilidades a las que estudian porque automáticamente ya saldría todo estricto. Esto nos ayudaría, fenomenal sería para las jefas, no? Pero sabes qué ahí vendría ya, el descontento, de que no se le puede dar facilidad para la que trabaja en otro sitio o la que estudia.

**GB: Y si el sistema contempla dar preferencias, de repente de 3 a 4 días que indica la enfermera con prioridades.**

MR: Fenomenal, fenomenal! Siempre y cuando haya esa alternativa

**GB: Qué otras funcionalidades le gustaría que tenga este sistema**

MR: Eso es lo que te estoy diciendo, adecuarlo a las necesidades de cada trabajador contratado. Porque los nombrados de una u otra forma ya tenemos ciertas asignaciones. Suficiente es el ingreso.

**GB: Bueno, muchas gracias por ayudarme.**