

Trabajo de grado en modalidad de aplicación

DISEÑO DE UN APLICATIVO SOPORTADO EN UN MODELO DE OPTIMIZACIÓN QUE REALICE LA ASIGNACIÓN DEL PERSONAL DE ENFERMERÍA A PARTIR DE LA COMPLEJIDAD DEL PACIENTE EN LA FUNDACIÓN SANTA FE DE BOGOTÁ

Paola Andrea Jiménez Espitia^{a,c}, María Paula Lancheros Duque^{a,c}, Santiago Montañez Carvajal^{a,c},

Ricardo Otero Caicedo^{b,c}, Oscar Barrera Ferro^{b,c}

^aEstudiante de Ingeniería Industrial

^bProfesor, Director del Proyecto de Grado, Departamento de Ingeniería Industrial

^cPontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia

Resumen de diseño en Ingeniería

The allocation of nurses in the hospitalization area is typically characterized by their inequity in terms of workloads, based on a pre-established nurse-patient ratio that does not take into account the complexity of each patient care. This situation can lead to multiple labour problems such as fatigue and high personnel rotation, and even failures in the availability and safety of the service. The purpose of this dissertation was to design an application supported by an optimization model that, based on the complexity of each patient care, allowed a nurse-patient assignment with equitable workloads.

Based on the needs and context of the FSFB, this dissertation began with the construction and validation of a scale of complexity, developed in partnership with the nursing research group, it used the complexity of each patient care as the criterion and tool to categorize patients. Under the guidelines previously set out by the University's Hospital, scale verification was performed through internal validation with the nursing staff, an expert judgment to define the final scale, followed by a statistical validation on different patient samples.

With the scale created, agreed upon and validated, an optimization model was developed, which, having as parameter the patient's qualification, provides a more equitable patient allocation for nursing. Due to the execution time, and its importance in hospital management, a Tabu Search metaheuristic was used as an alternative solution, which allowed an improvement in the current assignment, without departing from the solution of the optimization model.

Based on the above, an application program was designed for the nurses, taking in account the requirements of time, ease of use, and that was subject to the software of execution of the meta-heuristic, without leaving aside the design restrictions according to the conditions of the FSFB. The method employed to verify compliance with restrictions and requirements was the ISO 9126 standard, validated with an end-user performance test, which in this case was executed by the nursing director.

The result of this dissertation is summarized as the development of an alternative nurse-patient assignment, which allows the decrease of labour inequality in terms of complexity of care for the Fundación Santa Fe de Bogotá.

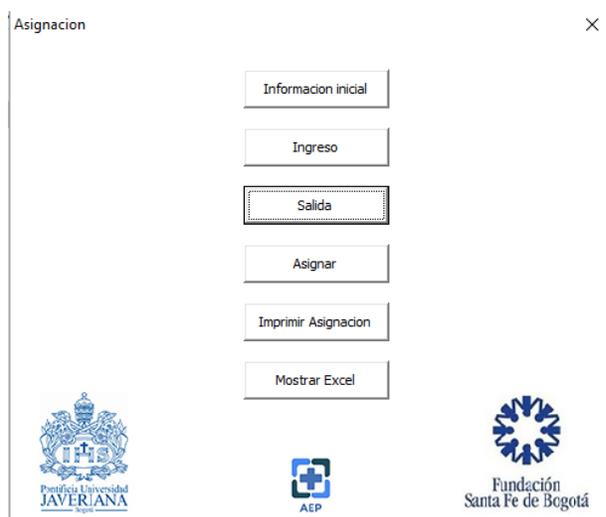


Ilustración 1. Pantalla de inicio aplicativo

1. Justificación y planteamiento del problema

El profesional de enfermería juega un papel determinante en la gestión hospitalaria, tanto por su labor en el cuidado directo al paciente, como la integración con los demás profesionales de la salud. Por lo general, el área de enfermería representa más del 40% de capital humano (Sir, Dundar, Barker, Kalyan Pasupathy, 2015), con costos cercanos al 25% de la nómina (Concejo de colegios de diplomados en enfermería de Cataluña, 2006).

El Hospital Universitario de la Fundación Santa Fe de Bogotá, institución donde se lleva a cabo esta investigación, cuenta con 1500 colaboradores de los cuales el 50% corresponde al área de enfermería. En el área de hospitalización, el proceso de asignación de enfermeras a pacientes, empieza al inicio de cada turno y se realiza manualmente de acuerdo al número de camas disponibles, manteniendo una relación de 12 a 15 pacientes por enfermera. Sin embargo, la coordinadora de gestión humana y la directora de enfermería de la FSFB resaltaron que dicha asignación es inequitativa y está relacionada con alta carga laboral (Elsa Yolanda Carvajal, Beatriz Sanchez, 2016), lo que podría producir insatisfacción laboral y fallas en la oportunidad de atención al paciente. Esta situación puede deberse en parte a que, en el proceso de asignación, no se tiene en cuenta la complejidad del paciente. En consecuencia, es posible que dos enfermeras con el mismo número de pacientes asignados, tengan cargas de trabajo diferentes.

Problemas similares han sido abordados en otros contextos. Algunas instituciones como el John Hopkins Hospital (Johns Hopkins Hospital, 2013), Massachusetts General Hospital (Cullen DJ, Nemeskal AR, Zalslavsky AM, 1994) y el Hospital Clínico Pontificia Universidad de Chile (M Angelica Garcia G, Luis Castillo F, 2000), han implementado diferentes sistemas de calificación y clasificación de pacientes. De acuerdo con Fernández Pinzón Y A, Vanegas Vargas C y Leonela Vargas J (2009) el uso de escalas como TISS (Therapeutic Intervention Scoring System), PCS (Patient Classification System) o NAS (Nurse Activity

Score) permiten establecer un nivel de complejidad para cada caso, asociada al estado clínico del paciente, sus condiciones demográficas, y/o a las actividades requeridas para su cuidado.

Por otro lado, autores como Mustafa Y (2015) o Punnakitikashem (2013), proponen modelos matemáticos enfocados a minimizar la percepción de carga laboral concebida. Estos modelos brindan soporte al proceso de asignación de enfermeras y pacientes buscando una mayor equidad en la distribución de enfermería. Si bien los modelos planteados tienen en cuenta al paciente en términos de la complejidad que presentan, estos no miden todas las actividades que abarca el área de hospitalización, y no incluyen las posibles variaciones en la carga de trabajo que se derivan de la complejidad de los pacientes asignados.

En este contexto, el objetivo de este proyecto consiste en diseñar un aplicativo basado en un modelo de optimización, que permita la asignación de enfermeras teniendo en cuenta la complejidad de cuidado del paciente.

2. Antecedentes

Para evaluar la complejidad, se encontraron algunos estudios que involucran una medición a partir de escalas de complejidad clínica de los pacientes. En el área de cuidados intensivos, existe gran variedad de escalas donde se intervienen pacientes con una complejidad alta y procedimientos delicados. Desde 1974 la escala TISS (Therapeutic Intervention Scoring System) ha sido reconocida a nivel mundial por evaluar los diferentes tipos de pacientes en cuidados intensivos y con base en esta, definir la asignación enfermera-paciente (Denis Reis Miranda, Angélique de Rijk, Wilmar Shaufeli, 1996). Finalmente, se han desarrollado múltiples escalas como la Glasgow, Apache II y NAS, con el mismo propósito en calificación de pacientes, pero con objetivos médicos diferentes, como nivel de conciencia en situación de coma (Line, 2015), predictores de gravedad en enfermedades (Firman, 2003) y calificación de las actividades de enfermería respectivamente (Fernández Pinzón, et al., 2009).

En cuanto a cuidados intermedios u hospitalarios, además de utilizar escalas adaptadas de cuidados intensivos, se han generado recientes variaciones que buscan definir de mejor manera al paciente, y en algunos casos, soportar una mejor asignación enfermera-paciente (Mustafa Y. et al., 2015). Dentro de este entorno se encuentra la escala de *Acuity Tool*, *PSC (Patient Classification System)* y *PRN (Project Research Nursing)*. La escala *Acuity Tool*, segmenta las actividades de acuerdo al tiempo que estas toman y es aplicada a los pacientes en cuidados intermedios (Michelle Kidd, Kimberly Grove, Melissa Kaiser, Brandi Swoboda, Ann Taylor, 2014). Por otra parte, la PCS es reconocida por tener en cuenta los aspectos psicológicos y sociales de los pacientes, además de sus condiciones médicas (Kelle Harper, Crystal Mc Cully, 2007). Por último, la escala PRN, detalla las actividades por los tiempos que estas toman y también por el tipo de cuidado que requieren (David Oterino de la Fuente, Salvador Peiro Moreno, Catalina Marchan Rodriguez, Manuel Ridaio Lopez, 1998).

Durante la investigación preliminar en modelos de asignación, se orientó la búsqueda hacia aquellos que involucraban la complejidad del paciente en su desarrollo. Utilizando una formulación lineal, Walts y Kapadia (1996) sugirieron una aproximación a un sistema de calificación del paciente y una distribución homogénea de las enfermeras de manera manual. Por otro lado, dentro de un acercamiento dinámico, se encuentran en la literatura modelos que tienen relación con el impacto de la carga laboral de las enfermeras. Inicialmente, Rosenberg (2004), divide la observación del estudio en tiempos directos e indirectos de cuidado del paciente; mientras que Mollinas y Lawley desarrollan un sistema de complejidad para neonatales en la unidad de cuidados intensivos (Mullinax & Lawley, 2002).

Adicionalmente, Punnakitikashem (2007) realizó un primer acercamiento, delimitando el problema de carga laboral, lo que define como la cantidad de tiempo requerido para el cuidado de los pacientes en un

periodo de tiempo. Un año después, propuso un modelo basado en la minimización de penalidades asociadas a una carga laboral excesiva (Punnakitikashem, Reosenberger, Behan, 2008). Por último, en el año 2013, agregó los costos por el personal en su modelo, considerando la incertidumbre del paciente, las fluctuaciones de su cuidado, y las habilidades de cada enfermera. (Prattana Punnakitikashem, 2013). Finalmente, en el año 2015, se creó un modelo de optimización multi-objetivo que realiza una asignación enfermera-paciente, minimizando la diferencia tanto en la percepción de carga laboral de las enfermeras, como en la puntuación resultante de la escala de complejidad Acuity Plus PCS (Mustafa Y. et al, 2015).

A pesar de las semejanzas con el problema planteado, los modelos mencionados no se ajustan a las necesidades específicas de la Fundación Santa Fe de Bogotá, ya que manejan un concepto de complejidad diferente, y no tienen en cuenta las condiciones concretas del área de hospitalización. En este contexto, el aporte del proyecto será un aplicativo que permita ejecutar un modelo de optimización, el cual tiene como parámetro de entrada la complejidad del cuidado del paciente, medida a partir de una escala desarrollada junto con la Fundación Santa Fe de Bogotá. Dicho modelo de optimización minimiza la máxima diferencia entre los puntajes totales de los pacientes asignados a las enfermeras, a partir de la escala desarrollada, y tiene en cuenta un factor de distancia máxima recorrida, que aporta a la percepción de complejidad de las enfermeras.

3. Objetivos

Objetivo General

Diseñar un aplicativo, soportado en un modelo de optimización, que permita la asignación de pacientes al personal de enfermería en la Fundación Santa Fe de Bogotá, considerando su nivel de complejidad.

Objetivos Específicos

1. Brindar soporte para la creación de una escala que segmente a los pacientes del área de hospitalización de la Fundación Santa Fe de Bogotá de acuerdo a su complejidad.
2. Recolectar información sobre la asignación actual de enfermeras y la condición médica de los pacientes para una muestra delimitada.
3. Analizar la relación que existe entre la puntuación asignada a un paciente y el tiempo que permanece recluido en el hospital.
4. Diseñar un modelo de optimización dinámico que realice la asignación de enfermeras a pacientes, minimizando la diferencia entre los puntajes totales de complejidad de las enfermeras.
5. Elaborar un aplicativo que permita la ejecución del modelo de optimización para la asignación de enfermeras.
6. Medir el impacto del modelo de asignación, mediante la comparación con el método tradicional.

4 Metodología

Para abarcar los objetivos planteados, la metodología está dividida en 3 capítulos que contribuyen a la construcción del aplicativo. Primero, el *Contexto y metodología de asignación actual*, donde se explica el proceso de asignación de pacientes en la FSFB. La *Construcción y validación de la escala de complejidad de cuidado*, en donde se desarrollan todas las etapas para establecer la escala final, desde la revisión de la literatura, hasta su validación. Finalmente, la *Creación del modelo* de asignación que consiste en la programación de la herramienta de solución y construcción del aplicativo.

4.1 Contexto y metodología de asignación actual

El proceso de asignación de pacientes para el área de hospitalización en la FSFB se divide en dos etapas, siendo la primera el ingreso del paciente y la segunda la asignación de enfermeras.

Ingreso del paciente

Cuando el paciente tiene indicación de hospitalización, la asistente administrativa solicita al servicio de admisiones la asignación de una cama. La asignación se realiza únicamente con base en la disponibilidad de camas, sin criterios adicionales. Cuando ingresan varios pacientes y no hay ninguna cama disponible, la selección del paciente que ingresa se prioriza según su diagnóstico de salud.

Asignación de enfermeras a pacientes

Actualmente, la asignación de enfermeras es un proceso manual, en donde para cada turno, la enfermera jefa del piso define el ala en la que va a estar asignada cada enfermera. Cada piso cuenta con una distribución por alas con diferentes dimensiones y con diferente número de habitaciones (Anexo 1). Sin embargo, cada ala cuenta con un número similar de pacientes. A continuación, se muestra un gráfico con la distribución de alas y habitaciones para uno de los pisos en los que se desarrolló este estudio.



Ilustración 2. Distribución de habitaciones segundo piso FSFB

Para evitar desplazamientos innecesarios las enfermeras están asignadas a un único piso, tratando de mantener la relación enfermera-paciente en 1 a12. Debido a que las alas tienen dimensiones diferentes que pueden afectar la percepción de complejidad por desplazamiento, se realizan rotaciones semanales entre las alas asignadas a cada enfermera por piso. A pesar de los esfuerzos por mantener la relación enfermera-paciente, la asignación puede no ser equitativa por la diferencia de complejidades en los pacientes y la posible inequidad entre las alas asignadas.

4.2 Construcción y validación de la escala de complejidad de cuidado

Elaboración escala inicial

A partir de la información que se obtuvo con el análisis de las condiciones actuales, fue posible entender la metodología de la asignación e identificar el problema principal: una asignación manual dada por la ubicación geográfica de los pacientes sin tener en cuenta la complejidad de cuidado requerido por cada uno de ellos.

Si bien es cierto que es necesario tener en cuenta la individualidad de los pacientes, se deben medir sus condiciones de tal forma que puedan ser estandarizadas dentro de un mismo conjunto. Esto permite la calificación rápida y efectiva del paciente en cuanto al concepto de complejidad de cuidado para la dirección de enfermería de la FSFB.

Después de la revisión de la literatura, se realizó un cuadro comparativo como una herramienta que permitiera resaltar y comparar los puntos clave de cada escala revisada.

Cuadro comparativo entre las escalas relacionadas con clasificación de pacientes y carga laboral					
	APACHE II	TISS	PCS	NAS	PRN
Definición	Clasificación gravedad de la enfermedad	Escala de intervención terapéutica simplificada	Escala que mide pensamientos catastróficos ante el dolor	Escala de actividades de enfermería en UCI	Escala que clasifica pacientes según cantidad y tipo de cuidados
Propósito y área de aplicación	Medir la gravedad de la enfermedad en pacientes adultos admitidos en cuidado intensivo	Determinar la gravedad de la enfermedad y establecer la razón enfermera-paciente en cuidado intensivo	Factor pronóstico en el dolor crónico del adulto	Establecer carga de trabajo en unidades de cuidado intensivo independiente de la gravedad del paciente	Evalúa cargas de trabajo. Aplicable en servicios de hospitalización y domiciliarios
Consideraciones	Monitoreo, oxigenación, Pruebas diagnósticas en sangre, escala de coma Glasgow	Monitoreo básico, líquidos, presiones, laboratorios, medicamentos, movilización, manejo catéteres, diálisis, soporte ventilatorio, cuidado vía aérea, nutrición enteral o parenteral, intervenciones dentro o fuera de UCI	Rumia cognitiva-magnificación y desesperanza	Monitoreo, plan de higiene, medicación, laboratorios, movilización, cuidado con tubos y drenes, líquidos parenterales, nutrición, catéter urinario, diálisis, resucitación, intervenciones específicas en UCI, intervenciones fuera de UCI	Higiene, respiración, movilización, alimentación, eliminación, comunicación, medicación y terapia endovenosa
Ítems	12	28	13	23	15

Tabla 1. Cuadro comparativo para la creación de la escala de complejidad inicial

De las escalas previamente encontradas en la literatura, fueron seleccionadas 6 categorías que segmentan las actividades cotidianas en hospitalización.

1. Medios invasivos
2. Aislamientos
3. Control del dolor
4. Medicamentos
5. Estado de conciencia, orientación y acompañamiento
6. Requerimientos de procedimientos especiales

Después de revisar las categorías en conjunto con el equipo de investigación, se consideró que estas no eran suficientes para contemplar las necesidades de los pacientes actuales en la FSFB. De acuerdo con el modelo de servicio desarrollado por la FSFB, es necesario prestar un entrenamiento dirigido al paciente y cuidador, relacionado con todo el proceso de su autocuidado. Su complejidad radica en el tiempo requerido según las diferencias cognitivas o barreras de comunicación. Por dichas razones, se agregó la categoría: *Necesidad de educación* a la escala de complejidad inicial.

Seguidamente, se seleccionaron las actividades que conforman las categorías y se sub-dividieron en un puntaje de complejidad de 1 a 4, siendo 4 aquellas que requieren mayor tiempo y atención, y 1 las que menos. Dicha distribución de actividades fue realizada en conjunto con el personal de investigación de la FSFB debido a su experiencia, teniendo siempre como referencia el proceso de atención en hospitalización.

Teniendo en cuenta lo anterior, cada paciente tiene una calificación mínima de 8, considerando que en todas las categorías tenga un puntaje de 1, por otro lado, la calificación máxima es de 32, calificando con puntaje de 4 todas las categorías.

Validación interna

Como primera etapa de validación, la escala inicial fue presentada a las 33 enfermeras que actualmente están trabajando en la FSFB en los servicios de hospitalización, excluyendo el primer piso, correspondiente a ginecología y pediatría cuyo comportamiento poblacional y de asignación es diferente. La validación consistió en un formato tipo encuesta, que se presentó de manera individual junto con la escala base (Anexo 2).

En dicho formato (Anexo 3) se calificó de 1 a 4 la percepción del cuerpo de enfermería sobre la escala en tres puntos fundamentales:

- Suficiencia en categorías: las categorías escogidas miden de manera integral la complejidad de cuidado.
- Suficiencia en actividades: las actividades por categoría son acordes en la medición de cada rubro.
- Coherencia: la calificación dada a cada actividad es coherente con la realidad.

A continuación, se presentan los resultados del análisis cuantitativo de las encuestas.

Categoría	Promedio calificación
Suficiencia Categorías	3.750

Tabla 2. Calificación de la suficiencia de categorías en la escala inicial

Según la tabla 2, las enfermeras concuerdan en que las categorías de la escala son suficientes para medir sus actividades, con un puntaje promedio de 3.75 sobre 4.

Categoría	Suficiencia actividades*	Coherencia calificaciones**	Promedio acumulado
Medios Invasivos	3.781	3.750	3.766
Aislamientos	3.594	3.581	3.587
Control del Dolor	3.938	3.844	3.891
Medicamentos	3.750	3.750	3.750
Estado de conciencia, orientación y acompañamiento	3.645	3.719	3.682
Requerimientos de procedimientos	3.750	3.806	3.778
Educación	3.903	3.839	3.871

Tabla 3. Evaluación por actividades y calificaciones de la escala inicial

* Las actividades por categoría son suficientes o acordes para medir cada rubro.

** La calificación dada a cada actividad es coherente con la realidad

Todas las enfermeras consideraron que las actividades por categoría eran suficientes, dado que la calificación promedio para todas las categorías fue 3.77. En cuanto a la calificación asignada a cada actividad, las enfermeras concuerdan que es acertada respecto a la realidad con un promedio de puntaje de 3.76. Por último, el promedio acumulado para todas las categorías supera la puntuación de 3.58. Esto indica que las enfermeras ven reflejadas en dichas actividades su cotidianidad en la operación, y cómo cada actividad implica una complejidad de cuidado diferente para ellas.

En el análisis cualitativo, se seleccionaron aquellos comentarios que respondieran de manera pertinente a las preguntas planteadas sobre la escala y en conjunto con la dirección de enfermería, se escogieron aquellos comentarios que debían ser involucrados en la escala inicial para que posteriormente fueran evaluadas por los expertos. Las modificaciones realizadas en la escala inicial fueron:

- En *medios invasivos*, se agregó una actividad al nivel 4 de complejidad siendo esta el catéter implantado para quimio.
- Se creó la categoría *medicamentos*, partiendo de la fusión de las categorías *medicamentos orales* y *medicamentos endovenosos*, quedando entre los niveles más bajos de complejidad los medicamentos orales y los de mayor complejidad la combinación entre medicamentos orales y endovenosos.
- En la categoría *estado de conciencia, orientación y acompañamiento*, se agrega en los niveles de complejidad 1 y 2 la posibilidad de que el paciente está sin acompañante.
- Para la categoría *requerimientos de procedimientos especiales* se agregó una actividad al nivel 4 que ocurre cuando el paciente requiere habilitación y curación de catéter implantado.
- En la categoría *necesidad de educación*, para el nivel 3 se agregó como actividad los cuidados especializados para múltiples patologías y en el nivel 4 se agregó la importancia del autocuidado como resultado final del mismo.

Se generó un comentario generalizado fundamentado en la importancia del cuidador para la evaluación de la complejidad de cuidado del paciente, pero dado que el acompañante no siempre es el mismo durante la estancia del paciente y que no puede ser medido desde el diagnóstico inicial, no se tuvo en cuenta.

A partir de dichos resultados y el análisis cualitativo de la escala (Anexo 4), esta fue modificada junto con la directora de enfermería, resultando la escala base para el juicio experto (Anexo 5).

Juicio de expertos

El juicio de expertos se utiliza para el diseño, desarrollo y prueba de instrumentos a partir de la opinión consensuada de profesionales. Entre sus componentes principales están los ítems de calificación, el criterio de parada del ejercicio y la metodología de calificación de consenso. Normalmente, el juicio se desarrolla en tres momentos, la provisión de información y clarificación del método de evaluación, el cual en la mayoría de los casos se utiliza la escala de Likert, la discusión grupal de opiniones y la calificación del nivel de acuerdo (JC Bruce, GC Langley, AA Tjale, 2008).

El objetivo de este juicio de expertos se enfoca en validar la escala de complejidad de pacientes presentada en este estudio. Esta escala busca evaluar la complejidad del cuidado de los pacientes en el área de hospitalización de la FSFB. En particular, un mayor puntaje en la escala representaría mayor tiempo requerido de atención en las actividades que se realizan para su cuidado.

De acuerdo con Escobar-Pérez y Cuervo-Martínez (2008), se utilizaron las siguientes categorías de evaluación para calificar la escala:

- Suficiencia: Los ítems que pertenecen a una misma dimensión bastan para obtener la medición de esta.
- Claridad: El ítem se comprende fácilmente, es decir, su sintáctica y semántica son adecuadas.
- Coherencia: El ítem tiene relación lógica con la dimensión o indicador que está midiendo.
- Relevancia: El ítem es esencial o importante, es decir que debe ser incluido

La metodología para este juicio experto es presentada en el diagrama 1, determinando todos los pasos a ejecutar, los momentos de evaluación y el criterio de parada que resulte en la validación de la escala de complejidad de cuidado.

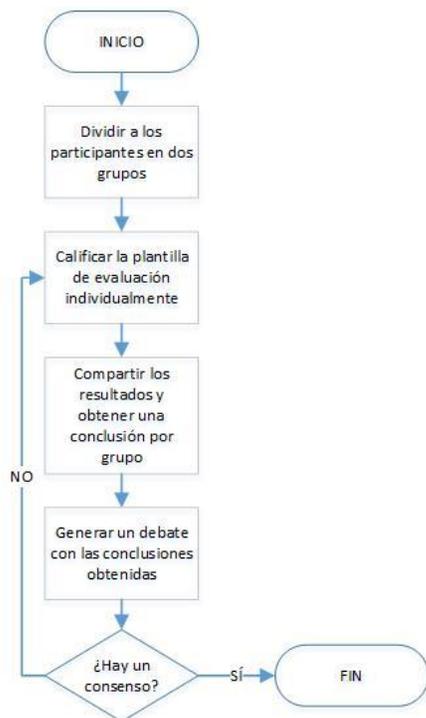


Diagrama 1. Proceso iterativo juicio de expertos

El juicio fue liderado por un moderador, miembro del grupo de investigación, buscando minimizar el sesgo creado por algún rol de autoridad. En primera instancia, se entregó el material de evaluación, que consta de la escala en físico (Anexo 5), el formato de consentimiento (Anexo 6), los criterios de evaluación (Anexo 7) y el formato de calificación (Anexo 8). Estos son presentados y explicados brevemente, y se da inicio al juicio de manera iterativa hasta llegar a un consenso.

La selección de los expertos fue realizada de acuerdo a la metodología implementada por Escobar –Pérez y Cuervo-Martínez (2008), considerando los siguientes aspectos:

- Experiencia en la realización de juicios y toma de decisiones basada en evidencia o experticia.
- Reputación en la comunidad.
- Disponibilidad y motivación para participar.
- Imparcialidad y cualidades inherentes como confianza en sí mismo y adaptabilidad.
- Relación por educación similar, entrenamiento y experiencia.

Los expertos fueron seleccionados de tal manera que sus áreas de experticia, tanto desde el punto de vista clínico, como académico, cubrieran las categorías de la escala y otras competencias relevantes, resaltando sus años de experiencia en materia de salud y su cargo más reciente.

Categoría/Competencias	Cargo	Años experiencia
Educación	Coordinadora de educación/ Gestión humana	9 años
	Coordinadora de educación	19 años
Medicamentos / Estado de conciencia	Jefe de hospitalización	19 años
Aislamientos	Jefe de vigilancia epidemiológica	5 años
Control del dolor	Jefe de clínica de dolor	9 años
Medios invasivos	Jefe de heridas y ostomías	26 años
Procedimientos especiales	Jefe de clínicas urológicas	14 años
Sistemas informáticos	Jefe de tecnología informática	11 años
	Jefe de salud pública	11 años
Investigación	Doctora en enfermería	8 años

Tabla 4. Información de participantes del juicio de expertos

Para determinar el nivel de consenso en un juicio de expertos se utilizan medidas estadísticas que permitan calcular la concordancia entre observadores. Una de ellas es el índice kappa Fleiss, el cual refleja la correlación inter-observador y se calcula en presencia de más de dos observadores (Joseph L. Fleiss, Bruce Levin, and Myunghee Cho Paik, 2003). Este índice se compone de dos tipos de consenso, P_i hace referencia al porcentaje de parejas que estuvieron de acuerdo sobre el total de combinaciones para cada criterio de evaluación i , y P_j al porcentaje de personas que marcó la misma calificación j .

El índice kappa presenta dos paradojas: i) para un alto grado de concordancia se pueden encontrar bajos niveles de kappa (Flight Laura, Julious Steven, 2015), ii) cuando no hay similitud entre la proporción de consenso para cada calificación, el índice kappa es inconsistencia (Cicchetti Domenic, 1988).

De acuerdo con la plantilla de evaluación del juicio de expertos y los indicadores de consenso (Anexo 9) presentados anteriormente, se evalúan, para cada categoría, las calificaciones establecidas por los jueces en los criterios ya mencionados. A continuación, como ejemplo, se muestra el cálculo de los indicadores de consenso para la categoría *medicamentos*.

Medicamentos					
Calificación Categoría	<i>No cumple con el criterio</i>	<i>Bajo Nivel</i>	<i>Moderado Nivel</i>	<i>Alto Nivel</i>	Pi
<i>Suficiencia</i>	0	0	5	5	44,4%
<i>Claridad</i>	0	1	3	6	40,0%
<i>Coherencia</i>	0	0	1	9	80,0%
<i>Relevancia</i>	0	1	8	1	62,2%
Total	0	2	17	21	56,7%
Pj	0,00%	5,00%	42,50%	52,50%	45,88%

Tabla 5. Indicadores de consenso en la categoría medicamentos

Teniendo en cuenta los resultados de las evaluaciones de la escala, para todas las categorías se midió el porcentaje total de acuerdo en cada una de las calificaciones. Se puede observar que la categoría que tiene mayor diferencia entre los porcentajes para cada calificación es “procedimientos especiales”, puesto que el 55% de los jurados la calificaron en un alto nivel, 32,5% en moderado nivel y un 12.5% en bajo nivel.

Iteración 1				
<u><i>Categoría</i></u>	<u><i>No cumple con el criterio</i></u>	<u><i>Bajo Nivel</i></u>	<u><i>Moderado Nivel</i></u>	<u><i>Alto Nivel</i></u>
Medios Invasivos	0.0%	0.0%	32.5%	67.5%
Aislamientos	0.0%	0.0%	20.0%	80.0%
Medicamentos	0.0%	5.0%	42.5%	52.5%
Estado de conciencia	0.0%	5.0%	37.5%	57.5%
Procedimientos especiales	0.0%	12.5%	32.5%	55.0%
Necesidad de educación	0.0%	7.5%	32.5%	60.0%
Control del dolor	0.0%	0.0%	50.0%	50.0%

Tabla 6. Porcentaje de acuerdo según calificación, Iteración 1

El resultado en esta misma iteración mostró un valor Kappa Fleiss en todas las categorías menor al 0.8 esperado, y valores menores al 80% para los porcentajes P_i y P_j (Anexo 10). Por lo tanto, se concluyó que era necesaria una siguiente iteración de acuerdo a los cambios que resultaron de las discusiones grupales, los cuales fueron:

- Para las categorías: *medios invasivos*, *control del dolor* y *medicamentos*, los expertos decidieron redefinir la asignación de actividades en cada categoría, buscando una clasificación más acertada en términos de complejidad del cuidado.
- En la categoría *aislamientos* para el puntaje de complejidad 2 y 3 se intercambiaron las actividades de aislamiento de aerosoles y contacto. Por otro lado, en el nivel 4 se agregó la actividad de toxina clostridium.
- Para todos los niveles de la categoría de *estado de conciencia*, *orientación* y *acompañamiento*, se incluyó la medición de conciencia a partir de la escala Glasgow, como criterio de complejidad.
- En la categoría *requerimientos de procedimientos especiales*, los niveles 3 y 4 tuvieron intercambios de actividades entre ellas y se les agregaron otras que se consideraron necesarias para evaluar de forma adecuada al paciente.
- Para la categoría *necesidad de educación* se enmarcó la importancia de la comunicación en cuanto a las barreras de comunicación o déficit cognitivo.
- Finalmente, se agregó la categoría *funcionalidad* que se define como el grado de independencia del paciente para participar de su autocuidado y que se afecta en menor o mayor medida

dependiendo de los patrones de salud alterados. Su complejidad es variable dependiendo del tipo y frecuencia de la asistencia requerida.

Teniendo en cuenta los cambios mencionados, el resultado obtenido del indicador Kappa y los porcentajes P_i y P_j asociados, se realizó una segunda iteración con el grupo de expertos, calificando de manera individual el formato de evaluación a partir de la escala resultante. Se puede notar que en este caso, todas las categorías alcanzaron calificaciones entre “Moderado nivel” y “Alto nivel”. La categoría con mayor desacuerdo entre calificaciones fue “Aislamientos” ya que el 20% de los jueces la evaluaron en “Moderado nivel” y un 80% en “Alto nivel”.

Iteración 2				
<u>Categoría</u>	<u>No cumple con el criterio</u>	<u>Bajo Nivel</u>	<u>Moderado Nivel</u>	<u>Alto Nivel</u>
Medios Invasivos	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
Aislamientos	0.0%	0.0%	20.0%	80.0%
Medicamentos	0.0%	0.0%	10.0%	90.0%
Estado de conciencia	0.0%	0.0%	15.0%	85.0%
Procedimientos especiales	0.0%	0.0%	7.5%	92.5%
Necesidad de educación	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
Control del dolor	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
Funcionalidad	0.0%	0.0%	5.0%	95.0%

Tabla 7. Porcentaje de acuerdo según calificación, Iteración 2

Al contrario de la evaluación anterior, los resultados para la segunda iteración presentaron algunas categorías con totalidad de acuerdo por parte de los jueces, lo que se tradujo en resultados incoherentes del indicador Kappa, debido a la paradoja ya mencionada. Por lo tanto, se decidió hacer uso de sus componentes P_i y P_j por separado para evaluar el nivel de concordancia del juicio de expertos. En la tabla 8, se muestra la segunda iteración realizada con el promedio de los ítems de evaluación: suficiencia, claridad, coherencia y relevancia para cada categoría de la escala.

Iteración 2		
<u>Categoría</u>	<u>P_i</u>	<u>P_j</u>
Medios Invasivos	100,00%	100,00%
Aislamientos	67,80%	68,00%
Medicamentos	81,10%	82,00%
Estado de Conciencia	74,40%	74,50%
Requerimientos de procedimientos especiales	85,00%	86,13%
Necesidad de Educación	100,00%	100,00%
Control del dolor	100,00%	100,00%
Funcionalidad	90,00%	90,50%

Tabla 8. Calificación de los ítems, segunda iteración de juicio de expertos

Estos resultados permiten evidenciar el acuerdo existente entre los 10 jueces participantes cumpliendo con el criterio de parada, siendo *aislamientos* y *estado de conciencia* las únicas categorías que presentan un valor menor al 80% deseado. Analizando los resultados de estas categorías se pudo observar que la totalidad de los jueces y parejas están de acuerdo con las calificaciones alto y moderado nivel, donde para la categoría con

menor consenso, solo el 20% calificó el ítem en nivel moderado. Por esto se puede afirmar que existe consenso entre los jueces dando validez a la escala de complejidad.

Con la finalización del juicio de expertos después de dos iteraciones, se concluye la escala final utilizada para evaluar a los pacientes que ingresen al área de hospitalización (Anexo 11). Ahora bien, es necesario realizar las validaciones cuantitativas, para demostrar la capacidad de la escala en la evaluación de pacientes con una muestra real.

Tiempo de Estancia

Para confirmar que la escala final, evalúa de forma correcta la complejidad del cuidado de los pacientes, se tomó una muestra de 115 pacientes, registrando su fecha de ingreso y de salida de la FSFB (Anexo 12). Se realizó una prueba de hipótesis que busca encontrar relación entre la calificación de los pacientes y su tiempo de estancia en el área de hospitalización.

Variables

Independiente: X = Complejidad del paciente (unidades).

Dependiente: Y = Tiempo que permanece en el área de hospitalización un paciente (días).

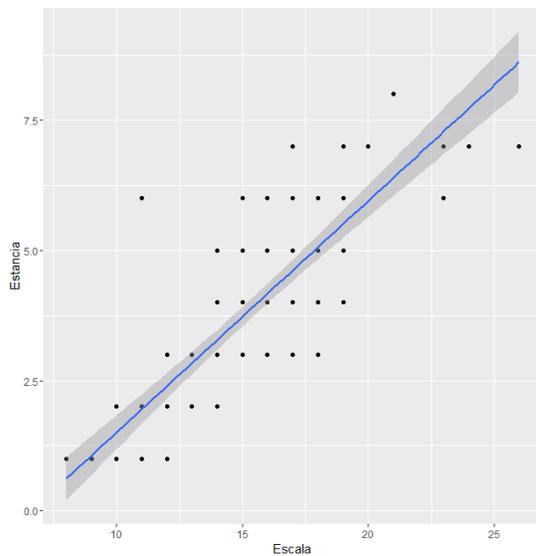


Ilustración 3. Relación lineal para el tiempo de estancia del paciente

Prueba de Hipótesis de la Regresión

$H_0: \beta_1=0$; El tiempo de estancia de un paciente es independiente de su complejidad.

$H_a: \beta_1 \neq 0$; El tiempo de estancia de un paciente es dependiente de su complejidad.

Modelo	Suma de Cuadrados	Gl	Media Cuadrática	F	Sig.
Regresión	280,828	1	280,828	289,384	0,000
Residuos	109,659	113	0,97		
Total	390,487	114			

Tabla 9. Anova de la regresión para el tiempo de estancia

El resultado obtenido de la regresión lineal indica que no hay evidencia suficiente en la muestra para aprobar la hipótesis nula de independencia entre las variables, con un nivel de significancia del 5%. Adicionalmente se obtuvo que la variabilidad del tiempo que permanece un paciente en hospitalización está representada en un 71,7% por la recta de regresión lineal.

Prueba de Hipótesis Coeficiente β_0 y β_1

Modelo	Suma de Cuadrados	Error estándar	T	Sig.
β_0 (Intercepción)	-2,94	0,41	-7,175	0,000
β_1 (Complejidad)	0,445	0,026	17,011	0,000

Tabla 10. Anova coeficientes Beta para tiempo de estancia

El valor *P* para ambos coeficientes es menor al nivel de significancia establecido, por lo que se acepta la hipótesis alterna que los parámetros son significativamente diferentes de cero. Esto comprueba la relación que existe entre la complejidad del cuidado del paciente y el tiempo de estancia.

Para profundizar la validez de la escala se realizó una segunda validación, relacionando la complejidad del cuidado del paciente con el tiempo que transcurre en cada intervención de enfermería. Esta muestra, pasó por los mismos análisis y sus resultados se muestran a continuación.

Tiempo de Atención

Se seleccionó una muestra de 41 pacientes, sobre los que se midió el tiempo de atención de la enfermera cada vez que ingresa a atender un paciente, mediante un formato que registra la hora de entrada y salida de la enfermera a la habitación (Anexo 13). Este tiempo de intervención, no incluye las actividades de carácter logístico y de registro en historia clínica, por ser consideradas comunes entre los tipos de pacientes. Esta medición permitió evaluar el tiempo que permanece una enfermera con un paciente en un turno. Posteriormente se presenta el resultado del análisis de regresión, que pretende encontrar la relación que existe entre la complejidad del cuidado del paciente y el tiempo de atención por parte de la enfermera.

Variables

Independiente: X= Complejidad de cuidado del paciente (unidades).

Dependiente: Y= Tiempo de atención por parte de la enfermera en un turno (minutos).

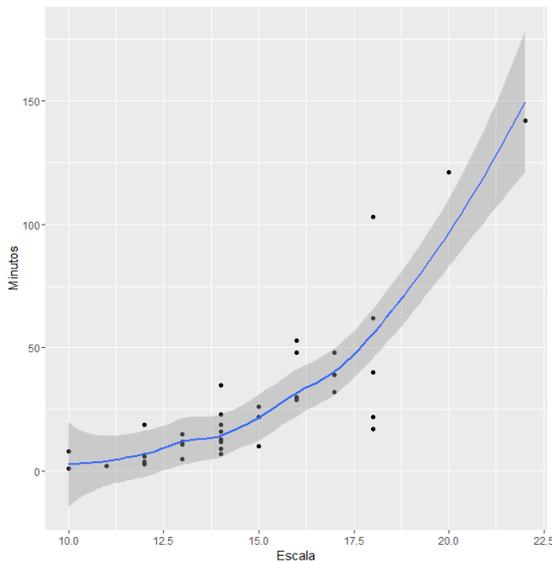


Ilustración 4. Relación para el tiempo de atención de pacientes

Prueba de Hipótesis de la Regresión

$H_0: \beta_1=0$; El tiempo de atención de una enfermera a un paciente en un turno, es independiente de su complejidad.

$H_a: \beta_1 \neq 0$; El tiempo de atención de una enfermera a un paciente en un turno, es independiente de su complejidad

Modelo	Suma de Cuadrados	Gl	Media Cuadrática	F	Sig.
Regresión	31204,100	2	15602,050	70,600	0,000
Residuos	8397,657	38	220,991		
Total	39601,756	40			

Tabla 11: Anova regresión para el tiempo de atención de pacientes

Para esta prueba de hipótesis se aplica el modelo de regresión de la forma $\hat{y}_i = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x^2$ debido a la relación de los datos observada en la ilustración 4. El análisis de varianza arroja un valor P menor al nivel de significancia establecido, por lo que se rechaza la hipótesis nula de independencia entre el tiempo de atención y la complejidad del cuidado del paciente. Adicionalmente la variabilidad del tiempo de atención esta explicada en un 78,8% por la regresión.

Prueba de Hipótesis Coeficiente β_0 , β_1 y β_2

Modelo	Suma de Cuadrados	Error estándar	T	Sig.
β_1	-27,11	7,299	-3,714	0,001
β_2	1,198	0,239	5,02	0,000
β_0	158,187	54,729	2,89	0,006

Tabla 12. Anova para los coeficientes Beta para tiempo de atención

Se comprueba la relación que existe entre la complejidad del cuidado del paciente y el tiempo de atención de la enfermera con un valor P menor al nivel de significancia (5%) para todos los parámetros. Los supuestos de la regresión lineal se muestran en el Anexo 14.

4.3 Creación y desarrollo del modelo

La creación del modelo de asignación, parte de la calificación de pacientes obtenida por la escala de complejidad desarrollada, y los parámetros y necesidades previamente establecidos para cada piso de estudio. La asignación se construye por medio de una variable binaria entre enfermeras y pacientes, que de acuerdo a la máxima diferencia de cargas entre enfermeras asignadas $\{M\}$, y las distancias asociadas a cada una de ellas $\{U\}$, permite calcular la función objetivo a minimizar (Anexo 15).

Dado que el foco del trabajo de investigación es disminuir la percepción de la complejidad para las enfermeras, se decidió utilizar una función multi-objetivo donde se asigna un peso mayor a la calificación de la complejidad, frente a la distancia. La complejidad expresada en valores enteros y la distancia oscilando entre 0 y 1 por enfermera, puesto que es el cociente entre la máxima distancia recorrida por cada una en relación a la máxima distancia total posible.

Modelo de Asignación

La formulación final del modelo de optimización para la asignación enfermera-paciente se puede expresar de la siguiente forma:

Conjuntos

N = Enfermeras

P = Pacientes

F = Pisos

Parámetros

A_p = Parámetro de complejidad por paciente

W_{pf} = Asignación de pacientes a piso

D_{pp} = Distancia entre pacientes

Variables

$X_{np} = 1$, si la enfermera n está asignada al paciente p

M = Máxima diferencia de cargas entre enfermeras

U_n = Máxima distancia recorrida por enfermera

E_n = Cociente entre la máxima distancia recorrida por enfermera y la máxima distancia posible

$Y_{npp} = 1$, si la enfermera n está asignada al paciente p y al paciente p

$H_{nf} = 1$, si la enfermera n está asignada al piso f

Función Objetivo

$$\text{Minimizar } Z = M + \sum_{i=1}^n E_n$$

Restricción 1: Cada paciente debe ser atendido por una única enfermera

$$\sum_{n=1}^n X_{np}(n, p) = 1 \quad \forall p \in P$$

Restricción 2: Calcula la máxima diferencia de cargas

$$M \geq \sum_{p=1}^p X_{np} * A_p - \sum_{p=1}^p X_{lp} * A_p \quad \forall n, l \in N$$

Restricción 3: Calcula la variable auxiliar de asignación de cada par de pacientes a la misma enfermera

$$Y_{nij} \geq X_{ni} + X_{nj} - 1 \quad \forall i, j \in P ; n \in N ; i \neq j$$

Restricción 4: Calcula la máxima distancia recorrida

$$U_n \geq Y_{nij} * D_{ij} \quad \forall i, j \in P ; n \in N$$

Restricción 5: Calcula la máxima distancia recorrida por enfermera

$$E_n \geq U_n / DL \quad \forall n \in N$$

Restricción 6: Calcula la variable auxiliar de asignación de cada enfermera a un piso

$$1000 * H_{nf} \geq \sum_{p=1}^p X_{np} * W_{pf} \quad \forall n \in N, f \in F$$

Restricción 7: Garantiza que una enfermera sea asignada a un único piso

$$\sum_{f=1}^f H_{nf} = 1 \quad \forall n \in N$$

El modelo se ejecutó con una instancia pequeña conformada por 3 enfermeras y 5 pacientes seleccionados aleatoriamente, tardando en promedio 11 segundos para calcular la solución óptima. A medida que la instancia crecía en número de enfermeras y pacientes, el modelo no fue capaz de encontrar la solución óptima en 600 segundos o menos.

Conociendo el valor que tiene el manejo del tiempo dentro de la gestión hospitalaria, se estableció que la ejecución del modelo debe tener tiempos no mayores a 10 minutos para garantizar atención oportuna al paciente en todo momento. Dado que el modelo planteado no cumple con esta necesidad de la FSBF, se utilizó una meta-heurística, que reúne los requisitos de tiempo y minimización de la inequidad percibida, resultando en una posible mejor asignación enfermera-paciente.

Meta-heurística como alternativa de solución

La meta-heurística seleccionada para este caso fue el método Tabú, debido a su utilidad para resolver problemas de asignación, tales como la asignación de supervisores forestales en Chile (Pradenas Lorena, Hidalgo Samuel y Jensen Magdalena, 2008), y la asignación de salones y horarios publicado por la Universidad del Norte (Franco John, Toro Eliana y Gallego Ramón, 2008). Para apoyar la ejecución de la meta-heurística se creó un procedimiento que llegase a una solución inicial factible.

La heurística desarrollada, está compuesta por dos factores relevantes que permiten una asignación equitativa. Primero, se estableció un *umbral de calificación* por enfermera a partir del promedio de complejidad, que se calcula con la suma total de complejidad de pacientes en el piso, dividido entre la

cantidad de enfermeras en el turno. Este umbral permite restringir la asignación, distribuyendo los pacientes de manera equitativa. Ahora bien, ya que el umbral puede arrojar una solución en donde existan pacientes sin enfermera, el segundo factor consiste en un criterio de asignación alternativo, que, por medio de una *revisión*, asigna estos pacientes a las enfermeras con menor complejidad.

En detalle, el procedimiento de asignación inicia después de ordenar el vector de complejidad de pacientes de mayor a menor. Una vez seleccionado un paciente complejo para la primera enfermera, la asignación está dada por la relación de distancia entre habitaciones con este paciente base, buscando dar prelación a la proximidad, sin quebrantar el umbral establecido. De sobrepasar el límite, se busca el siguiente paciente más cercano hasta evaluarlos a todos, y se repite el proceso para cada una de las enfermeras. Por último, se ejecuta la *revisión* ya mencionada, asegurando una solución factible para las condiciones establecidas.

Finalmente, buscando mejorar dicha solución inicial y sabiendo que el umbral se determinó únicamente basado en el promedio de complejidad, la heurística realiza un proceso iterativo donde genera diferentes soluciones al aumentar y disminuir este indicador, seleccionando la mejor asignación como criterio de entrada para el Tabú.

Teniendo la heurística como punto de partida, se establece la codificación del problema compuesta por un vector que contiene las características de asignación: paciente, complejidad, enfermera y habitación. Ya que el Tabú pretende realizar cambios entre las posiciones del vector buscando encontrar una mejor F.O., en primera instancia se organiza el vector de tal manera que sea posible dividir los pacientes por enfermera y complejidad como se muestra en la ilustración 6.

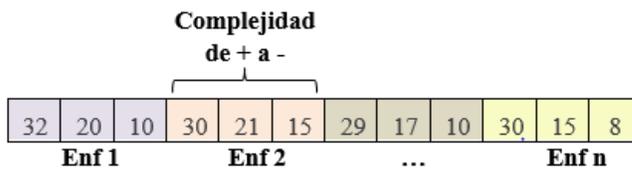


Ilustración 5. Codificación para la meta-heurística Tabú

Para efectuar los cambios de manera selectiva, realizando solo aquellos que mejoren la FO, el método implementado consiste en restringir un tercio de los pacientes asignados a cada enfermera, dejando disponibles aquellos con mayor y menor calificación. Es decir, no se consideran aquellas calificaciones promedio que no van a generar un cambio significativo.

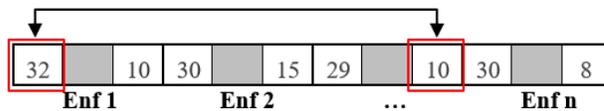


Ilustración 6. Codificación criterio de cambio para meta-heurística

Por último, la meta-heurística, al igual que el modelo está segmentada para los 3 pisos de hospitalización, y cuenta con las mismas variables y parámetros, enunciado en su totalidad en el siguiente *pseudocódigo*.

Pseudocódigo

- *Asignar*

Para todos los pisos

Leer información de Excel

Promedio: Umbral complejidad por enfermera

Pacientes: Organizar pacientes de mayor a menor

Para todas las enfermeras (*i*)

Enfermeras.suma = 0: Acumulado de complejidad asignada por enfermera

Para el paciente más complejo (*j*)

Asignar a enfermera (*i*)

Cercanía: Vector que ordena pacientes de menor a mayor distancia frente a (*j*)

Mientras queden pacientes sin considerar

Para todos los pacientes de *cercanía* (*k*)

Buscar (*k*) en el vector *pacientes*

Si *enfermeras.suma* (*i*) + *paciente.complejidad* (*k*) < *promedio*

Asignar *paciente* (*k*) a enfermera (*i*)

Enfermeras.suma (*i*) = *enfermeras.suma* (*i*) +
paciente.complejidad (*k*)

Si aún hay pacientes sin asignar

Asignar paciente a enfermera con menor suma

Calcular *F.O.*

F.O = *F.O. vigente*

- *Calcular F.O.*

Para todas las enfermeras (*i*)

Mayormayor (*i*) = Buscar la mayor distancia entre pacientes asignados en la enfermera (*i*)/Máxima distancia posible entre pacientes: Peso de la distancia en la F.O. por enfermera

Variable: Acumulado del peso de la distancia en la F.O. de todas las enfermeras.

$Z = \text{Complejidad máxima} - \text{Complejidad mínima} + \text{Variable}$

- *Buscar mejor*

Mientras *Iteracionessinmejorar* < 5

Promedio = *promedio* + 1/ -1: Primerio realizar el mientras sumando y al final restarlo al promedio

Asignar

Calcular F.O.

Si *F.O.* < *F.O. vigente*

F.O. vigente = *F.O.*

Iteracionessinmejorar = 0

Promedio vigente = *promedio*

Si no

Iteracionessinmejorar = *iteracionessinmejorar* + 1

Asignar (*promedio vigente*)

- *Tabú*

Inicializar data: Variables tabú (*pacientes*)

Camino = *pacientes*

Organizar camino por enfermera

Mientras *iteracionessinmejorar* < 50

Para todas las enfermeras

Dividir en tercios los pacientes
 En *copiacamino* se iguala a 0 los pacientes del segundo tercio
 Llenar matriz deltaf (*copiacamino*)
Para todos los posibles pares de cambios ($\neq 0$)
 Calcular F.O.
 Cambiar *Mejorcaminonotabú* en camino
Si $F.O. < F.O. vigente$
 $Iteracionessinmejorar = 0$
 $Camino = Mejorcamino$
 $F.O. = F.O. vigente$
Si no
 $Iteracionessinmejorar = iteracionessinmejorar + 1$
 Actualizar lista tabú
 Imprimir resultados

Se utiliza la búsqueda Tabú como solución meta-heurística, la cual tiene como especialidad, la utilización de memorias temporales como estrategia asociada a la solución de problemas. Su método consiste en realizar intercambios inteligentes en un vector solución, guardados en una matriz de modificaciones durante un número de iteraciones predeterminado. Esta matriz, prohíbe la repetición de cambios históricos cercanos, durante la búsqueda de nuevas soluciones que permitan la mejora de la función objetivo (Fred Glover, Belén Melián, 2003).

5 Componente de Diseño en ingeniería.

5.1 Declaración de Diseño

Se diseñó un aplicativo en la herramienta Visual Basic for Applications (VBA), para mejorar la asignación enfermera-paciente, teniendo en cuenta el tiempo de ejecución y el mejoramiento en la distribución de las cargas laborales asociadas a la complejidad de cuidado del paciente.

Estándar aplicado al diseño

El estándar referente al aplicativo es la norma ISO 9126, el cual evalúa la calidad de productos de software. Este estándar determina seis características básicas aplicadas a cualquier componente de software: funcionalidad, confiabilidad, usabilidad, eficiencia, mantenibilidad y portabilidad (Figueroa, 2000).

5.2 Proceso de Diseño

Para la construcción del aplicativo se reconoce la importancia que tiene para las enfermeras el acceso a una herramienta que les permita utilizar el modelo en un tiempo de ejecución mínimo, y realizar la asignación enfermera-paciente de forma que haga un balance entre la puntuación de pacientes que se les asignan.

El proceso de diseño del aplicativo se basó en las etapas del proceso de desarrollo de Software (Cantone Dante, 2006), que se muestran a continuación.

Planificación

Se realizó un diagnóstico sobre el proceso actual de asignación de la FSFB. En esta etapa se determinó el contexto en donde se debe desarrollar el aplicativo, y las necesidades que debe suplir para lograr una asignación que permita disminuir la inequidad laboral para las enfermeras. Estas necesidades están enfocadas en realizar una mejor asignación, de forma automatizada, que tenga en cuenta las limitaciones de la FSFB

como: la cantidad de pisos de estudio, el número de enfermeras por piso, el número de pacientes por piso y la capacidad de asignar un paciente a cualquier hora del día.

Análisis

Una vez entendido el problema y el contexto en donde se lleva a cabo, se establecen de manera detallada las tareas que debe ejecutar el aplicativo para asegurar su funcionalidad. Estas se dividen en el ingreso de los parámetros de entrada, la asignación enfermera-paciente y la capacidad de dar ingreso y salida a los pacientes. Las tareas mencionadas anteriormente se establecieron teniendo en cuenta los requerimientos de diseño encontrados en la etapa anterior y enunciados en el apartado **5.3 Requerimientos de diseño**.

Diseño

Se planteó en primera instancia la secuencia lógica que debe seguir el usuario teniendo en cuenta las tareas establecidas. En primer lugar, el usuario debe ingresar los parámetros de entrada, los cuales se registran en una hoja de cálculo y se guardan para conformar la base de datos de pacientes que se encuentran actualmente en hospitalización. Una vez ingresados los parámetros por primera vez, se puede realizar la asignación con los datos registrados, y en caso de ser necesario, se puede modificar esta información con las opciones de ingreso y salida de pacientes y/o enfermeras. El diseño inicial de estas tareas se planteó mediante un bosquejo en donde se determinaron las ventanas en donde se consigna la información y por las que navega el usuario para obtener los resultados deseados.

Control

Una vez creado y consolidado el aplicativo, se inició el proceso de control, el cual consiste en detectar y comunicar posibles errores por parte del usuario mediante mensajes de alerta. Esto garantiza la correcta ejecución del aplicativo y la constante verificación de la información por parte de las enfermeras.

Los errores se categorizaron de la siguiente manera:

- Complejidad, habitación, enfermera o paciente no válido.
- Falta de información.

Error	Escenarios
Complejidad, habitación, o paciente no válido	<ul style="list-style-type: none"> • La totalidad de las habitaciones están ocupadas. • La habitación ingresada ya está ocupada. • La habitación ingresada no existe. • El valor de complejidad es inferior a 8 o superior a 32. • El paciente ingresado ya está asignado. • El paciente/enfermera que desea eliminar no existe.
Falta de información	<ul style="list-style-type: none"> • No se ha seleccionado un turno. • No se ha seleccionado el piso. • No se han completado los campos.

Tabla 13. Escenarios para alertar errores en aplicativo

Prueba

Para validar la funcionalidad y entendimiento del aplicativo, la última etapa consiste en una prueba de rendimiento con la directora de enfermería de la FSFB, en representación del equipo de usuarios finales, y la evaluación del aplicativo con respecto al modelo de optimización.

Dicha validación se realizó por medio de un formato de evaluación, calificando de manera puntual las diferentes características en la creación de software indicadas en el estándar de diseño. Los resultados obtenidos fueron satisfactorios, ya que la directora de enfermería lo percibió como un aplicativo de fácil manejo, funcional y que cumple con las expectativas planteadas inicialmente por la FSFB. Adicionalmente esta validación permitió detectar mejoras al aplicativo enfocadas a la posibilidad de visualizar la asignación actual en cualquier momento.

Finalmente, se realizó un instructivo donde se explica el funcionamiento del aplicativo, junto con sus objetivos, para aclarar las dudas que se desarrollan al momento de utilizarlo y evitar que, con el ingreso de nuevo personal, el aplicativo deje de ser útil para la FSFB (Anexo 16).

5.3 Requerimientos de desempeño

- El aplicativo debe ser reconocido y utilizado fácilmente por el usuario.
- El aplicativo debe mostrar de manera sencilla el resultado de la asignación de las enfermeras de acuerdo a la complejidad de los pacientes.
- El aplicativo debe ejecutar el modelo en un tiempo determinado.
- El diseño del aplicativo está sujeto al software utilizado para la ejecución de la meta-heurística.

5.4 Pruebas de rendimiento.

Para corroborar que el aplicativo cumple con las necesidades de la FSFB, se realizó una prueba de rendimiento, evaluada por la directora de enfermería. Esta prueba consta de 10 puntos a evaluar enfocados en el estándar de diseño, y se califica en un rango de 1 a 5, siendo 1 completamente en desacuerdo y 5 completamente de acuerdo para cada afirmación.

Característica	Sub-Característica	Afirmaciones	Calificación
Funcionabilidad	Idoneidad	El aplicativo desempeña las tareas para las cuales fue desarrollado	5
	Exactitud	El resultado final del aplicativo es consistente con lo que se espera de él	5
Fiabilidad	Tolerancia a fallos	La aplicación es capaz de manejar errores	5
Usabilidad	Aprendizaje	El aplicativo es fácil de aprender a usar por parte del usuario	5
	Comprensión	Para el usuario, el aplicativo tiene un funcionamiento de fácil comprensión	5
	Operatividad	El usuario puede utilizar el aplicativo sin mucho esfuerzo	5
	Atractividad	La interfaz del software es atractiva para el usuario	5
Eficiencia	Comportamiento en el tiempo	El aplicativo responde rápidamente para completar las diferentes operaciones disponibles	5
Mantenibilidad	Facilidad de cambio	El aplicativo permite de manera sencilla realizar los cambios de enfermeras y pacientes	5

Portabilidad	Adaptabilidad	El aplicativo se puede trasladar fácilmente al contexto real de la FSFB	5
---------------------	---------------	---	---

Tabla 14. Prueba de rendimiento aplicativo

La prueba arrojó una calificación de 5 para todas las sub-características y como conclusión, se obtuvieron las siguientes sugerencias: al dar de baja a un paciente no es necesario generar nuevamente el PDF en donde se muestra la asignación y es recomendable agregar una opción que permita imprimir la asignación en cualquier momento. Estas recomendaciones se tuvieron en cuenta a la hora de presentar el aplicativo final (Anexo 17).

5.5 Restricciones

- a. *El aplicativo debe tener en cuenta la calificación de los pacientes, obtenida a partir de la escala desarrollada.*

Ante el ingreso de un paciente, la enfermera debe registrar el valor de complejidad de cuidado, el cual debe oscilar entre 8 y 32.

- b. *El aplicativo debe tener en cuenta las condiciones iniciales en cuanto al número de pacientes, disponibilidad de las camas y las enfermeras que se encuentren en turno.*

La información inicial tiene en cuenta los aspectos mencionados anteriormente. El aplicativo no permite ingresar un paciente si la totalidad de camas del piso o la habitación que digita la enfermera se encuentran ocupadas o no existen.

- c. *El aplicativo busca minimizar la diferencia entre la máxima y mínima complejidad total por enfermera, sumada a una variable asociada a la distancia.*

Ejecución de la meta-heurística (Tabú), calculando la F.O. resultante.

- d. *El aplicativo debe tener en cuenta el horario de trabajo de las enfermeras, estipulado de acuerdo a turnos de 6.5 horas diurno y 12.5 horas nocturno y fines de semana.*

El aplicativo está diseñado para que el usuario pueda correr la meta-heurística en los diferentes pisos y turnos disponibles.

5.6 Cumplimiento del estándar

Característica	Cumplimiento
Funcionabilidad	<ul style="list-style-type: none"> El aplicativo realiza la asignación de pacientes a enfermeras por piso y turno. Imprime un PDF en donde muestra dicha asignación de manera sencilla. Estará disponible únicamente en los computadores de la FSFB. El aplicativo cuenta con 4 opciones generales (información inicial, ingreso y salida de pacientes y/o enfermeras y asignación).
Fiabilidad	<ul style="list-style-type: none"> En caso de falla del aplicativo, el usuario cuenta con la asignación previa en PDF y la base de datos de pacientes en la hoja de cálculo. El aplicativo está diseñado para advertir al usuario ante un posible error en el ingreso o selección de los datos.
Usabilidad	<ul style="list-style-type: none"> De acuerdo con la prueba de rendimiento, el usuario encuentra en el aplicativo una herramienta que se entiende de manera fácil, su presentación es atractiva y cumple con las especificaciones iniciales.
Eficiencia	<ul style="list-style-type: none"> El aplicativo arroja la asignación completa en un tiempo menor a dos minutos. Ante un ingreso de paciente, el aplicativo muestra la asignación en un tiempo menor

	a 20 segundos.
Mantenibilidad	<ul style="list-style-type: none"> El aplicativo está diseñado para generar cambios en la asignación como: ingreso y salida de pacientes y/o enfermeras.
Portabilidad	<ul style="list-style-type: none"> Debido a que el aplicativo se diseñó en la herramienta de Excel VBA es de fácil transferencia a cualquier computador que cuente con Microsoft Office.

Tabla 15. Cumplimiento del estándar de diseño

6 Resultados

Para comprobar qué tan robusta es la meta-heurística comparada con el modelo lineal de asignación, se evalúa para diferentes instancias de 10,15 y 20 pacientes una muestra de 10 variaciones, en donde cada variación corresponde a valores aleatorios de complejidad. Así mismo, se evalúa la diferencia porcentual que genera la Meta-heurística con respecto a la heurística o solución base (Tabla 16).

Instancia	F.O Heurística	F.O Meta Heurística	Diferencia %
10	8.199	6.919	-11.71%
15	7.37	4.551	-23.71%
20	5.651	3.329	-32.27%

Tabla 16. Diferencia porcentual FO Heurística Vs. Meta-Heurística

La Meta-Heurística tiene una FO que para la instancia de 10 pacientes mejora en un 11,71% frente a la heurística, y a medida que la instancia aumenta, dicha diferencia tiene el mismo comportamiento, llegando a 32,27% para la instancia de 20 pacientes.

Después de mostrar la mejora que genera la meta-heurística frente a la solución base, la tabla 17 representa el tiempo promedio de ejecución de las muestras para cada instancia al ejecutar la meta-heurística. Para todos los casos el tiempo promedio de la meta-heurística es menor que el tiempo de ejecución del modelo lineal, el cual fue acotado a 3600 segundos.

Instancia	Tiempo Promedio (minutos)
10	0,134
15	0,373
20	0,40

Tabla 17. Tiempo promedio de ejecución en instancias

Instancia n = 10 pacientes										
Solución	Variaciones									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Modelo	3,33	3	2,33	2,33	4,56	2,89	1,78	2,56	3,67	3,11
Meta-heurística	9,22	7,66	7	7	6	6,77	9,33	3,55	4,66	8
Diferencia %	177%	155%	200%	200%	32%	134%	424%	39%	27%	157%

Tabla 18. Muestra de 10 iteraciones para instancia n=10

Instancia n= 15 pacientes										
Solución	Variaciones									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Modelo	2,36	2,29	2,57	2,07	2,43	2,29	1,28	1,76	2,85	2,71
Meta-heurística	5,22	4	4,33	6,44	7,88	6,63	2,11	2,66	2,66	3,88
Diferencia %	121%	75%	68%	211%	224%	190%	65%	51%	-7%	43%

Tabla 19. Muestra de 10 iteraciones para instancia n=15

Instancia n= 20 pacientes										
Solución	Variaciones									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Modelo	2,68	2,58	2,26	2,37	1,74	2,63	2,21	1,63	1,84	2,58
Meta-heurística	3,32	5	3,1	3,15	3,52	3,15	2,89	2,1	3,94	3,21
Diferencia %	24%	94%	37%	33%	102%	20%	31%	29%	114%	24%

Tabla 20. Muestra de 10 iteraciones para instancia n=20

El modelo de optimización lineal, en ninguna de las variaciones ni instancias llegó a un valor óptimo durante el tiempo límite de ejecución. En la ilustración 8, se evidencia que a medida que la instancia es mayor la diferencia entre la meta-heurística y el modelo disminuye. Por lo tanto, esta prueba muestra que para las instancias evaluadas, la meta-heurística es una adecuada alternativa de solución al modelo matemático.

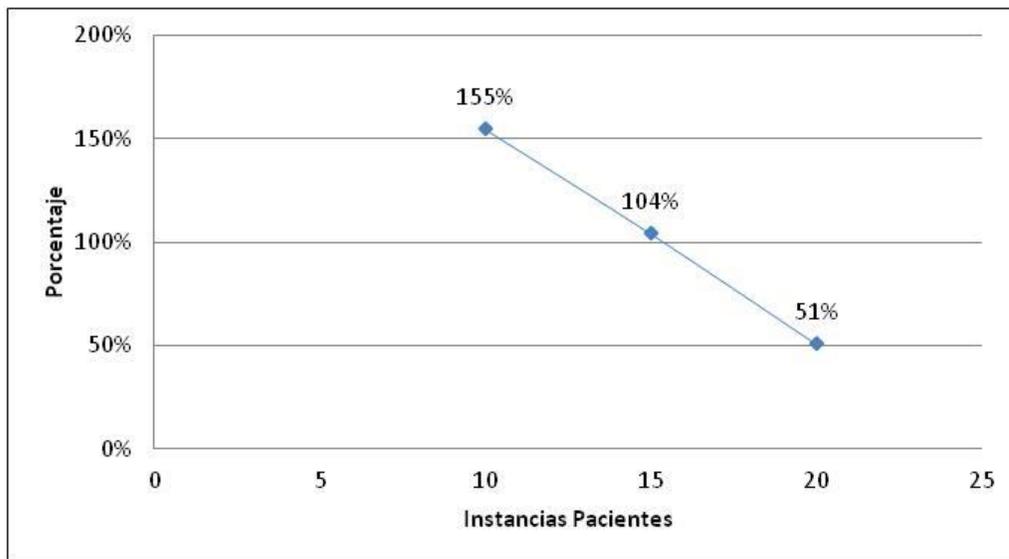


Ilustración 7. Variación porcentual promedio de muestras por instancia

Con base en los datos tomados en la muestra de la asignación total de un turno de enfermería, compuesto por 113 pacientes y 10 enfermeras distribuidas por piso (Anexo 18), y teniendo en cuenta los planos de distribución, se evaluó la función objetivo para la asignación actual y la solución propuesta por la meta-heurística. Estas se calcularon a partir de la diferencia entre la máxima y mínima complejidad total por enfermera, sumada a la variable asociada a la distancia.

Piso	Asignación actual (1)	Modelo Lineal (2)	Meta-Heurística (3)	Diferencia %	Diferencia %	Tiempo Meta-Heurística (minutos)	Diferencia %
				(1) – (3)	(2) – (3)		Tiempo
2	49,58	17,57 - Factible	3,26	-93,43%	-81%	4,55	-99,87%
3	20	2,28 - Factible	2,64	-94,99%	16%	0,42	-99,99%
4	52,79	5,63- Factible	3,94	-92,53%	-30%	3,83	-99,89%

Tabla 21. Comparación F.O. entre los diferentes métodos de solución de asignación

Para esta muestra, se tomó un tiempo máximo para el modelo lineal de 3600 segundos, intentando encontrar una solución cercana a la óptima de forma que esta fuera comparable frente a la solución planteada por la meta-heurística. Adicionalmente, se calcularon los tiempos de ejecución del aplicativo para la misma muestra de manera que el impacto de este fuera significativo tanto en términos de complejidad de cuidado como en tiempo de ejecución.

De acuerdo con los resultados obtenidos, se puede apreciar que la función objetivo calculada por medio de la meta-heurística, mejora en promedio un 93,65% respecto a la asignación que se realiza actualmente en la FSFB. Esto evidencia la importancia que tiene la complejidad del cuidado del paciente en la equidad de la carga laboral de la enfermera y la existencia de una brecha significativa en la asignación actual.

Por otro lado, se puede observar que los resultados obtenidos con la meta-heurística en comparación con el modelo lineal, ejecutado en un tiempo de 3600 segundos sin encontrar un valor óptimo, presenta una mejora en el segundo piso de 81,4% y en el cuarto piso de -30% y una diferencia del 16% para el tercer piso.

Para validar que la solución de la meta-heurística no genere sobrecarga de trabajo por número de pacientes frente a la asignación actual, se compararon los promedios de cantidad de pacientes para todas las enfermeras en ambos métodos.

Número de Pacientes				
Piso	Asignación Actual		Meta-Heurística	
	Promedio	Desviación	Promedio	Desviación
2	11,75	0,50	11,75	0,96
3	12,00	0,00	12,00	0,00
4	10,25	0,96	10,50	1,00

Tabla 22. Comparación promedio de cantidad de pacientes asignación actual Vs. meta-heurística

Como resultado, se puede determinar que la cantidad de pacientes promedio por piso mantiene una relación similar. Sin embargo, el factor más importante en el estudio es la complejidad total asignada a cada enfermera, por lo que se decidió comprobar que el promedio de la suma de complejidades es más equitativo para la asignación dada por la meta-heurística.

Suma de Complejidad				
Piso	Asignación Actual		Meta-Heurística	
	Promedio	Desviación	Promedio	Desviación
2	180,25	21,41	180,25	0,50
3	186,50	13,44	186,50	0,71
4	159,50	21,52	159,50	0,58

Tabla 23. Comparación suma de complejidad asignación actual Vs. meta-heurística

En la tabla anterior, se evidencia que no hay diferencia en los promedios de complejidad, ya que la cantidad de pacientes, sus complejidades y número de enfermeras se mantiene. No obstante, la desviación presenta una disminución en la variación porcentual promedio de 96.55% para todos los pisos, comprobando que la asignación propuesta en esta investigación genera una solución más equitativa que la implementada actualmente en el área de hospitalización.

Relación Distancias			
Piso	<i>Asignación actual</i>	<i>Meta-Heurística</i>	<i>Diferencia porcentual</i>
2	1,58	2,32	46.65%
3	1,00	1,86	85.70%
4	1,79	2,89	61.75%

Tabla 24. Comparación del cociente de distancias total

En cuanto al criterio de distancia calculado en la función objetivo, la meta-heurística presenta un aumento promedio para todos los pisos de 64,7% frente a la asignación actual, ya que al buscar una minimización entre la diferencia de complejidades, es necesario realizar la asignación teniendo en cuenta la complejidad de los pacientes más que la distancia que hay entre ellos.

7 Aplicativo

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en la meta-heurística desarrollada, se muestra el resultado final del aplicativo diseñado en la ilustración 9 con sus funcionalidades generales.

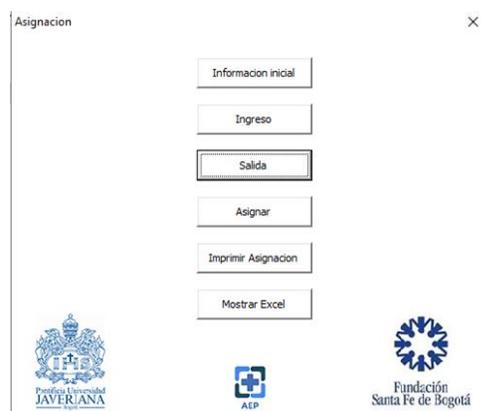


Ilustración 8. Menú principal aplicativo

De acuerdo al menú inicial presentado, a continuación, se explican en detalle cada una de las funciones que el aplicativo resuelve.

Opción	Función
Información Inicial	En esta opción se registra la información inicial de los pacientes y de las enfermeras por turno y piso.
Ingreso	Esta opción permite ingresar pacientes antes de la asignación total o ingresar y asignar pacientes de acuerdo con la asignación actual. Adicionalmente también permite agregar una enfermera en caso que las condiciones actuales de asignación varíen.
Salida	En caso de salida de un paciente esta opción elimina al paciente de la lista de asignación y de la base de datos. Por el contrario, si se desea eliminar una enfermera, esta se retira de la base de datos y se debe realizar nuevamente la asignación para evitar que existan pacientes sin enfermeras.
Asignar	Para esta opción el usuario elige el piso y el turno en el que desea realizar la asignación. El aplicativo arroja un documento en donde se muestra la asignación de pacientes para cada enfermera, junto con la información general del paciente.
Imprimir PDF	Esta opción permite al usuario visualizar la asignación seleccionada en el momento que desee.
Mostrar Excel	Aplica cuando el usuario quiera conocer la base de datos en donde se consigna la información correspondiente a los pacientes y a las enfermeras por turno y por piso.

Tabla 25. Funciones del aplicativo

Cabe aclarar que cuando se realice el ingreso de un paciente y se desee incluir en la asignación actual, el proceso de asignación consiste en encontrar y asignar a la enfermera con menor suma de complejidad, siempre y cuando se encuentre una habitación disponible.

Diagrama lógico

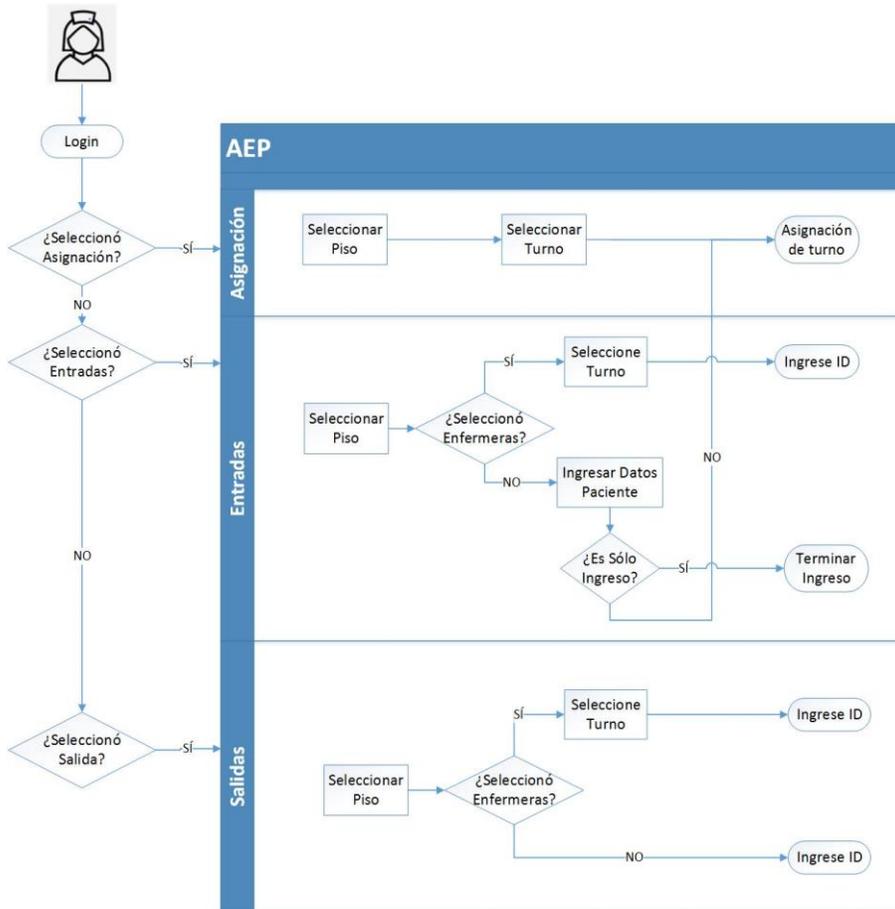


Diagrama 2. Diagrama lógico aplicativo

El diagrama anterior muestra la secuencia lógica dentro del funcionamiento del aplicativo, destacando las tareas que serán utilizadas constantemente por el personal de enfermería, explicadas previamente. Esta secuencia indica las diferentes etapas que deben realizarse para completar la ejecución de la tarea seleccionada, de manera que se mantenga la información actualizada y oportuna a las necesidades.

8 Conclusiones y recomendaciones.

Conclusiones

Durante el proceso iterativo de juicio de expertos se identificó la necesidad de adicionar una categoría que tuviera en cuenta la funcionalidad del paciente, entendida como la capacidad que tiene para llevar a cabo, de manera independiente sus necesidades fisiológicas.

Adicionalmente, entre los resultados del juicio de expertos, se concluyó que la percepción de complejidad en la FSFB se deriva tanto de la dificultad percibida de la actividad misma, como del tiempo que tarda su culminación por paciente.

La validación de la escala según las calificaciones del juicio de expertos, fue evaluada teniendo en cuenta un índice de concordancia entre los jueces asistentes, los cuales alcanzaron un 7,19% de aceptación en el nivel moderado y 92,82% en nivel alto.

En cuanto a la validación cuantitativa de la escala, se tomaron en cuenta dos variables, el tiempo de estancia de paciente en el área de hospitalización y el tiempo de atención por visita de la enfermera. Para estas variables se rechazó la hipótesis nula de independencia, con un coeficiente de determinación de 71,7% y 78,8% respectivamente. Concluyendo que hay relación entre la complejidad de cuidado del paciente con el tiempo de estancia y el tiempo de atención por visita.

El modelo de optimización lineal encuentra la solución óptima al problema, pero su tiempo de ejecución sobrepasa el límite de 600 segundos establecido, por lo tanto no es funcional para su implementación en la FSFB.

Para establecer que la meta-heurística es una alternativa de solución viable, teniendo en cuenta una muestra actual de pacientes por piso en la FSFB, se realizó una comparación de esta con el modelo de asignación en cuanto a las F.O. Esta comparación resultó en una diferencia porcentual del -81% en la F.O. para el piso dos, 16 % para el piso tres y -30% para el piso cuatro.

Con el objetivo de medir el impacto de la meta-heurística frente a la asignación actual, se compararon los valores obtenidos en cuanto a F.O., los resultados conseguidos para los pisos 1,2 y 3 fueron 3,26, 2,64 y 3,94 respectivamente con la meta-heurística. Por otra, parte la asignación actual arrojó una F.O de 49,58, 20 y 52,79.

Al implementar la meta-heurística con los datos de la asignación actual, se puede determinar que la cantidad promedio de pacientes por enfermera no varía, siendo cercano a 11. Por el contrario, si se evalúa el impacto frente a la suma de complejidad por enfermera, la desviación de los datos presenta una reducción significativa para todos los pisos con la solución brindada por la meta-heurística, siendo esta menor a 1 unidad.

Finalmente, teniendo en cuenta el estándar de diseño del aplicativo y sus requerimientos, se capacitó a una enfermera con el instructivo de uso y se realizó una prueba de la herramienta. Después de la prueba, se propusieron cambios pertinentes para el aplicativo y se demostró la funcionalidad y facilidad de uso del mismo.

Recomendaciones:

Como recomendación principal, se propone que la ejecución del aplicativo sea realizada en dos ciclos permitiendo estar en línea con el comportamiento de los turnos y condiciones laborales de la FSFB. Dichos ciclos hacen referencia a la ejecución del modelo de asignación, más no la actualización de las condiciones actuales, como ingreso y salida de pacientes y enfermeras.

Ya que el personal de enfermería y la distribución de turnos están divididos de lunes a viernes y fines de semana, se recomienda que los ciclos de corrida para la asignación se efectúen el primer día de dichos períodos. Esto permite que el paciente no experimente cambios frecuentes de enfermera durante su estancia, aumentando la percepción de calidad en el servicio de enfermería.

Al ejecutar el modelo, es recomendable tener en cuenta la variación del valor de la FO respecto al tiempo que pasa hasta que se vuelva a ejecutar el mismo, con el fin de validar que se mantenga una asignación equilibrada en cuanto a cargas laborales frente a la complejidad percibida.

Por otro lado, se recomienda a la FSFB, la sinergia del aplicativo con los sistemas de información utilizados, ya que para garantizar la eficiencia y oportunidad del cuidado, el proceso de ingreso del paciente y la asignación enfermera-paciente deben ser un proceso continuo e intercomunicado.

Finalmente, una integración del aplicativo de asignación enfermera-paciente con la asignación de habitación-paciente, que intente encontrar una mejor distribución de pacientes en el piso de acuerdo a la complejidad del cuidado, disminuyendo la F.O. en términos de distancia total recorrida.

9 Glosario

Dirección de enfermería: Anteriormente denominado Departamento de enfermería, área de la empresa que se encarga de gestionar planes y estrategias de desarrollo para alcanzar objetivos, a través del personal, herramientas y actividades de enfermería, alineados con el plan estratégico de la Fundación Santa Fe de Bogotá.

TISS: Therapeutic Intervention Scoring System.

PCS: Patient Classification System.

NAS: Nurse Activity Score.

PRN: Project Research Nursing.

APACHE II: Acute Physiology and Chronic Health Evaluation II.

UCI: Unidad de cuidados intensivos.

FSFB: Fundación Santa Fe de Bogotá.

F.O: Función Objetivo.

10 Tabla de Anexos o Apéndices

No. Anexo	Nombre	Desarrollo	Tipo de Archivo	Enlace corto (https://goo.gl/)	Relevancia para el documento (1-5)
1	Planos distribución de habitaciones FSFB.	Propio	PDF	https://drive.google.com/open?id=0B-WIvwWuaCSCVE9DMFOxLXhYM00	4
2	Escala inicial.	En conjunto con la FSFB	PDF	https://drive.google.com/open?id=0B-WIvwWuaCSCX1VpRzM2S3BzYmc	3
3	Formato de evaluación interna.	Propio	PDF	https://drive.google.com/open?id=0B-WIvwWuaCSCaDg1Y0gwSnVreVE	3
4	Análisis cualitativo de la escala	En conjunto con la FSFB.	PDF	https://drive.google.com/open?id=0B-WIvwWuaCSCTTMtQW1veDZIZ3M	3
5	Escala para juicio a expertos.	En conjunto con la FSFB	PDF	https://drive.google.com/open?id=0B-WIvwWuaCSCdjk4MGxZUjc4ZFU	4
6	Formato de consentimiento.	Terceros	PDF	https://drive.google.com/open?id=0B-WIvwWuaCSCS3o5eE1HSWJQM1k	3
7	Criterios de evaluación.	Terceros	PDF	https://drive.google.com/open?id=0B-WIvwWuaCSCWFpreHBnOVRpaTQ	4
8	Formato de calificación	Terceros	PDF	https://drive.google.com/open?id=0B-WIvwWuaCSCenRub3dhMmtoNDA	4
9	Plantilla de evaluación juicio de expertos	Propio	Excel	https://drive.google.com/file/d/0B-WIvwWuaCSCNXJ1Z01QbVU2MFk/view	5
10	Resultados Pi y Pj	Propio	Excel	https://drive.google.com/open?id=0B-WIvwWuaCSCNUZQdER6ODVteVE	5
11	Escala Final	En conjunto con la FSFB.	PDF	https://drive.google.com/file/d/0B-WIvwWuaCSCY0p1SVR	5

				EN1h3dk0/view	
12	Muestra tiempo de estancia.	En conjunto con la FSFB.	Excel	https://drive.google.com/file/d/0B-WIvwWuaCSCNFNOMkdIejhTOG8/view	3
13	Muestra tiempo de atención	Propio	Excel	https://drive.google.com/open?id=0B-WIvwWuaCSCQzhFRm9QYXpRTVk	4
14	Supuestos de regresión lineal	Propio	PDF	https://drive.google.com/open?id=0B-WIvwWuaCSCcDdDcU9XUTVQUGM	3
15	Modelo de programación lineal	Propio	Gusek	https://drive.google.com/file/d/0B-WIvwWuaCSCcFNzaDlyb0VDazg/view	4
16	Instructivo del aplicativo.	Propio	PDF	https://drive.google.com/file/d/0B-WIvwWuaCSCMjdKbjVLVGpuMmc/view	3
17	Aplicativo Final	Propio	Excel	https://drive.google.com/file/d/0B-WIvwWuaCSCajZmN2NENW53VTg/view	5
18	Muestra asignación actual FSFB	En conjunto con la FSFB	Excel	https://drive.google.com/open?id=0B-WIvwWuaCSCU3gzRDloNVIBWEE	5

11 Referencias

Cantone Dante. (2006). *Implementacion Y Debugging*. Creative Andina Corp.

Cicchetti Domenic. (1988). When diagnostic agreement is high, but reliability is low: Some paradoxes occurring in joint independent neuropsychology assesments. *Journal of clinical and experimental Neuropsychology*, 605-622.

Concejo de colegios de diplmados en enfermeria de Cataluña. (2006). *Recomendaciones para la dotacion de enfermeras en las unidades de hospitalización*. Cataluña: Concejo de colegios de diplmados en enfermeria de Cataluña.

Cullen DJ, Nemeskal AR, Zaslavsky AM. (1994). Intermediate TISS: A new Therapeutic Intervention Scoring System for non-ICU patients. *Crit Care Med*, 1406-1411.

David Oterino de la Fuente, Salvador Peiro Moreno, Catalina Marchan Rodriguez, Manuel Ridao Lopez. (1998). Cuidados de enfermería en hospitalización a domicilio, y hospitalización convencional. *ESP Salud Pública*, 517 - 527.

- Denis Reis Miranda, Angélique de Rijk, Wilmar Shaufeli. (1996). Simplified Therapeutic Intervention Scoring System: The TISS-28 items. En *Crit Care Med* (págs. 64 - 72).
- Elsa Yolanda Carvajal, Beatriz Sanchez. (2016). *Modelo "Cuidado de enfermería con el foco humano" para una práctica con excelencia en el servicio*. Bogotá: Fundación Santa Fe de Bogotá.
- Fernandez Pinzon Y A, Vanegas Vargas C, Leonela Vargas J. (2009). *La razón enfermera paciente: Relación con los resultados en los pacientes y esfuerzos por establecerlos por la ley*. Bogotá.
- Figuroa, M. A. (2000). *Calidad en la Industria del Software. La Norma ISO 9126*.
- Firman, G. (Enero de 2003). *Intermedicina*. Obtenido de Sistemas de calificación de severidad de enfermedad APACHE II: <http://www.intermedicina.com/Avances/Clinica/ACL68.htm>
- Flight Laura, Julious Steven. (2015). *The disagreeable behaviour of the Kappa Statistic*. Sheffield, England: National Institute of health research, University of Sheffield.
- Franco John, Toro Eliana y Gallego Ramón. (2008). Problema de asignación óptima de salones resuelto con Búsqueda Tabú. *Ingeniería y Desarrollo*, 159-185.
- Fred Glover, Belén Melián. (2003). Tabu Search. *Revista Iberoamericana de Inteligencia Artificial*, 29-48.
- ISO. (2011). Quantitative methods in process improvement -Six Sigma.
- Jazmine Escobar-Perez, Angela Cuervo-Martinez. (2008). Validez de contenido y juicio de expertos: una aproximación a su utilización. *Avances en Medición*, 27-36.
- JC Bruce, GC Langley, AA Tjale. (2008). The use of experts and their judgments in nursing research: an overview. *Curationis*, 57-61.
- Johns Hopkins Hospital. (2013). *Therapeutic Intervention Scoring System- 28 acuity tool in The Neuroscience Critical Care Unit*. Baltimore.
- Joseph L. Fleiss, Bruce Levin, and Myunghee Cho Paik. (2003). *Statistical Methods for Rates and Proportions*. John Wiley & Sons, Inc.
- Kapadia, W. &. (1996). Paging classification system and optimization approach. *Health Care management review*, 75-82.
- Kelle Harper, Crystal Mc Cully. (2007). Acuity systems dialogue and patient classification system essentials. *Nurs Admin Q*, 284-299.
- Line, O. B. (2015). *Brainline.org*. Obtenido de What is the Glsgow Coma Scale: <http://www.brainline.org/content/2010/10/what-is-the-glasgow-coma-scale.html>
- M Angelica Garcia G, Luis Castillo F. (2000). Categorización de usuarios: una herramienta para evaluar las cargas de trabajo de enfermería . *Revista medica de Chile* .
- Michelle Kidd, Kimberly Grove, Melissa Kaiser, Brandi Swoboda, Ann Taylor. (2014). A new Patient-Acuity tool promotes equitable nurse-patient assignments. *American Nurse Today*, 1-4.
- Mullinax & Lawley. (2002). Assigning patients to nurses in Neonatal intensive care. *Journal of the operational research society*, 25-35.

- Mustafa Y., Sir Bayram Dundar, Lindsey M. Barker Steege, Kalyan S. Pasupathy. (2015). Nurse-Patient assignment models considering patient acuity metrics and nurses perceived workload. *Journal of biomedical informatics*, 237-248.
- National Nurse. (Junio de 2015). Massachusetts study shows RNs are overloaded. *National Nurse*.
- Pradenas Lorena, Hidalgo Samuel y Jensen Magdalena. (2008). Asignación de supervisores forestales. Resolución mediante un algoritmo Tabú Search. *Revista Chile de Ingeniería*, 404 - 414.
- Prattana Punnakitikashem, J. M. (2013). *A stochastic programming approach for integrated nurse staffing and assignment*. Arlington.
- Punnakitikashem, P. (2007). *Integrated nurse staffing and assignment under uncertainty*. Texas.
- Punnakitikashem, Reosenberger, Behan. (2008). Stochastic programming for nurse assignment. *Computational optimization and applications Journal*, 321-349.
- Rosenberg, G. K. (2004). Optimizing nurse assignment. *Proceedings of the sixteenth annual society for health systems management engineering forums*.
- Sir, Dundar, Barker, Kalyan Pasupathy. (2015). Nurse-patient assignment models considering patient acuity metrics. *Journal of Biomedical Informatics*.