



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Sistema recomendador para la asignación de recursos físicos en una institución de educación superior aplicando técnicas de minería de datos y algoritmos de búsqueda

Tapia Mendieta, María Alexandra

Vicerrectorado de Investigación, Innovación y Transferencia de Tecnología

Centro de Posgrados

Maestría en Gestión de Sistemas de Información e Inteligencia de Negocios

Trabajo de titulación, previo a la obtención del título de Magíster en Gestión de Sistemas de Información e Inteligencia de Negocios

Cárdenas Delgado, Sonia Elizabeth, Ph.D.

02 de diciembre del 2019



Urkund Analysis Result

Analysed Document: TESIS_ATapia28Nov_Urkund.docx (D59922713)
Submitted: 11/29/2019 2:59:00 PM
Submitted By: secardenas@espe.edu.ec
Significance: 1 %

Sources included in the report:

http://eio.usc.es/pub/mte/descargas/ProyectosFinMaster/Proyecto_782.pdf

Instances where selected sources appear:

3

Firma:



Cárdenas Delgado, Sonia E. Ph.D.

DIRECTORA



VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN, INNOVACIÓN Y
TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA

CENTRO DE POSGRADOS

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, “Sistema recomendador para la asignación de recursos físicos en una institución de educación superior aplicando técnicas de minería de datos y algoritmos de búsqueda” fue realizado por la Señora Tapia Mendieta, María Alexandra el mismo que ha sido revisado y analizado en su totalidad, por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Sangolquí, 02 de diciembre del 2019

Firma:



Cárdenas Delgado, Sonia E. Ph.D.

Directora

C.C.: 1713261160



VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN, INNOVACIÓN Y
TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA

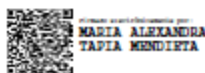
CENTRO DE POSGRADOS

RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

Yo Tapia Mendieta, María Alexandra, con cédula de ciudadanía n°1714631825, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: "Sistema recomendador para la asignación de recursos físicos en una institución de educación superior aplicando técnicas de minería de datos y algoritmos de búsqueda" es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Sangolquí, 2 de diciembre de 2019

Firma (s)



Tapia Mendieta, María Alexandra

C.C.: 1714631825



VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN, INNOVACIÓN Y
TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA

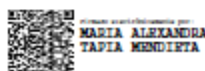
CENTRO DE POSGRADOS

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Yo Tapia Mendieta, María Alexandra, con cédula de ciudadanía n°1714631825, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: “Sistema recomendador para la asignación de recursos físicos en una institución de educación superior aplicando técnicas de minería de datos y algoritmos de búsqueda” en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Sangolquí, 2 de diciembre del 2019

Firma



Tapia Mendieta, María Alexandra

C.C.:1714631825

DEDICATORIA

A Dios,

A mis Padres y mi hermosa familia,

A mi Esposo,

A mis hijas, María Isabel y Adriana Salomé

A mi hijo; Carlos Mateo

*Quienes han sido el motor que me ha impulsado con su apoyo y cariño incondicional para
lograr esta Meta.*

AGRADECIMIENTO

A Dios

Por darme la vida y estar siempre conmigo, siendo mi fortaleza.

A mis Padres

El esfuerzo y las metas alcanzadas, refleja la dedicación, el amor que invierten los padres en sus hijos. Gracias por su esfuerzo para educarme y brindarme los valores que rigen mi vida; José V.

Tapia S. y Olga M. Mendieta P. (+), mi mayor inspiración y soporte.

A mi esposo

Mi bendición y apoyo para juntos alcanzar grandes propósitos, gracias mi amor, Carlos R. Cepeda V. por permanecer a mi lado siempre presente con tus consejos, tu amor, y paciencia.

A mis hijos

Mi razón de ser: Hijas mías, M. Isabel y Adriana S., que nada las detenga, en su preparación encontrarán la libertad y fortaleza de ser mujeres; Hijo mío, C. Mateo, que el ejemplo de tus padres te permita ser un hombre de bien.

A la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE,

mi alma mater y lugar de trabajo; la cual me ha brindado el conocimiento, formación y experiencia profesional; gracias a todos mis docentes que han forjado en mí más allá de la teoría, los valores éticos, cívicos, de servicio, así como el ejemplo a seguir de preparación y superación.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	6
AGRADECIMIENTO	7
ÍNDICE DE CONTENIDOS	8
ÍNDICE DE TABLAS.....	11
ÍNDICE DE FIGURAS.....	13
RESUMEN	15
ABSTRACT.....	16
CAPÍTULO I	17
INTRODUCCIÓN.....	17
Antecedentes	17
Contexto del problema	18
Planteamiento del problema	19
Justificación e importancia	19
Alcance	20
Objetivo general.....	21
Objetivos específicos	21
Formulación del problema.....	22
CAPÍTULO II	24
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	24
Fundamentación de la variable independiente	25
Minería de datos	25
Técnicas de minería de datos	27
Técnicas predictivas	28

	9
Técnicas descriptivas	28
Técnicas auxiliares	29
Técnicas de búsquedas	32
Heurísticas.....	32
Meta heurísticas	33
Metodología del Prototipado Rápido (MPR)	36
Fases de la Metodología de Prototipado Rápido (MPR).....	37
Fundamentación de la variable dependiente	39
Reglamento Interno de Régimen Académico y de Estudiantes.....	39
Instructivo asignación recursos físicos.....	40
CAPÍTULO III	42
RECOPIACIÓN Y ANÁLISIS DE LA DATA.....	42
Limpieza de datos	43
Integración de datos	45
Selección de los datos.....	45
Transformación de datos	46
Minería de datos	50
Evaluación de patrones.....	66
Presentación del conocimiento	68
CAPÍTULO IV.....	72
DESARROLLO DEL PROTOTIPO	72

	10
Definición de especificaciones.....	72
Diseño conceptual	73
Desarrollo del prototipo	86
Pruebas del usuario	87
CAPÍTULO V.....	88
PRUEBAS Y RESULTADOS	88
Pruebas	88
Resultados.....	95
CAPÍTULO VI.....	97
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	97
Conclusiones	97
Recomendaciones.....	98
BIBLIOGRAFIA.....	99

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Preguntas de investigación	22
Tabla 2 <i>Listado de archivos recibidos para el análisis</i>	43
Tabla 3 <i>Carreras y asignaturas por departamento</i>	48
Tabla 4 <i>Franjas Horarias (datos extraídos mediante las herramientas, 2019)</i>	49
Tabla 5 <i>Muestra Franjas Horarias Identificadas</i>	50
Tabla 6 <i>Análisis Dpto. de Ciencias Administrativas</i>	59
Tabla 7 <i>Análisis Dpto. Ciencias Humanas</i>	61
Tabla 8 <i>Análisis Dpto. Ciencias Exactas</i>	63
Tabla 9 <i>Aplicación Criterio Estadístico Tukey</i>	65
Tabla 10 <i>Estructura de Datos</i>	73
Tabla 11 <i>Descripción caso de uso 1</i>	79
Tabla 12 <i>Descripción caso de uso 2</i>	79
Tabla 13 <i>Descripción caso de uso 3</i>	79
Tabla 14 <i>Descripción caso de uso 4</i>	80
Tabla 15 <i>Descripción caso de uso 5</i>	80
Tabla 16 <i>Descripción caso de uso 6</i>	80
Tabla 17 <i>Descripción caso de uso 7</i>	81
Tabla 18 <i>Descripción caso de uso 8</i>	81
Tabla 19 <i>Validación de Asignación para Comunicación Oral y Escrita</i>	90
Tabla 20 <i>Validación de Asignación para Metodología de la Investigación</i>	91
Tabla 21 <i>Validación de Asignación para Apreciación de la Escultura</i>	91
Tabla 22 <i>Validación de Asignación para Álgebra Lineal</i>	94

Tabla 23 <i>Validación de Asignación para Calculo Vectorial</i>	94
Tabla 24 <i>Validación de Asignación para Química</i>	95
Tabla 25 <i>Validación de Resultados</i>	96

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Categorización de variables, Fundamentación teórica</i>	25
Figura 2 <i>Proceso de Minería de Datos</i>	26
Figura 3 <i>Clasificación de la minería de datos</i>	27
Figura 4 <i>Cuadrante mágico de Garner para herramientas BI</i>	31
Figura 5 <i>Diagrama del Algoritmo genético</i>	35
Figura 6 <i>Fases Metodología Prototipado Rápido</i>	37
Figura 7 <i>Lectura de datos con la herramienta PDI</i>	44
Figura 8 <i>Limpieza de datos con PDI</i>	44
Figura 9 <i>Integración de los datos finales</i>	45
Figura 10 <i>Número real de cursos (NRC's) creados y alumnos registrados por dpto.</i>	52
Figura 11 <i>Promedio de uso de aulas por bloque</i>	53
Figura 12 <i>Promedio capacidad de aulas</i>	54
Figura 13 <i>Número de alumnos versus capacidad del aula</i>	55
Figura 14 <i>Estado general de asignación de aulas</i>	56
Figura 15 <i>Análisis de la capacidad vs utilización</i>	57
Figura 16 <i>Análisis de la distribución asignación de aulas por departamento</i>	57
Figura 17 <i>Estado asignación de aulas Ciencias Administrativas</i>	59
Figura 18 <i>Estado de asignación de aulas Ciencias Humanas</i>	61
Figura 19 <i>Estado asignación de aulas Dpto. Ciencias Exactas</i>	63
Figura 20 <i>Horarios con mayor carga académica</i>	64
Figura 21 <i>Patrón de comportamiento por horarios</i>	67
Figura 22 <i>Patrón de comportamiento uso de aulas por bloque</i>	68

Figura 23 <i>Diagrama de bloque</i>	74
Figura 24 <i>Diagrama de Casos de Uso</i>	78
Figura 25 <i>Diagrama de Secuencias</i>	82
Figura 26 <i>Interfaz de presentación del prototipo</i>	83
Figura 27 <i>Interfaz Registro</i>	84
Figura 28 <i>Interfaz de Inicio de Sesión</i>	84
Figura 29 <i>Interfaz registro de información académica</i>	85
Figura 30 <i>Interfaz asignación de aula</i>	86
Figura 31 <i>Desarrollo del prototipo</i>	87
Figura 32 <i>Asignación de aula para Comunicación Oral y Escrita</i>	89
Figura 33 <i>Asignación de aula para Metodología de la investigación científica</i>	89
Figura 34 <i>Asignación de aula para Apreciación de la Escultura</i>	90
Figura 35 <i>Asignación de aula para Algebra Lineal</i>	92
Figura 36 <i>Asignación de aula para Cálculo Vectorial</i>	93
Figura 37 <i>Asignación de aula para Química</i>	93

RESUMEN

Uno de los desafíos funcionales que deben enfrentar las Instituciones de Educación Superior (IES), es la planificación y distribución de los recursos académicos, físicos y humanos de manera planificada, y acorde a las demandas de sus actores, siendo esta la actividad más difícil de cumplir debido a que se realiza de manera manual e independiente, lo que consumen gran cantidad de tiempo y recurso humano, limitando la planificación académica para el uso y distribución óptima de la infraestructura.

El presente trabajo de titulación contribuye en la optimización del proceso de asignación de los recursos físicos académicos (aulas) que dispone una IES del Ecuador, el cual consiste en realizar la recopilación y análisis de información aplicando los procesos, técnicas y herramientas de Minería de Datos; mediante el diseño, desarrollo y validación del prototipo de un sistema recomendador aplicando la metodología de Prototipado Rápido aplicando un algoritmo de búsqueda meta heurístico (algoritmo genético).

Como resultado del análisis de la información se han obtenido patrones de comportamiento, el análisis permitió elaborar una propuesta de mejora y optimización del proceso, los resultados evidenciaron la optimización del recurso físico (aulas) en el proceso de asignación respecto al actual; demostrando la validez de nuestra propuesta. Como trabajo futuro se plantea mejorar y apoyar a la gestión de recursos físicos (aulas) integrando la funcionalidad de este prototipo en el sistema de gestión académica.

PALABRAS CLAVES:

- **MINERÍA DE DATOS**
- **ALGORITMOS DE BÚSQUEDA**
- **METODOLOGÍA DE PROTOTIPADO**
- **ASIGNACIÓN DE AULAS**

ABSTRACT

One of the functional challenges that Higher Education Institutions (HEIs) must face is the planning and distribution of academic, physical and human resources in a planned way, and according to the demands of its actors, this being the most difficult activity to carry out. comply because it is done manually and independently, which consumes a large amount of time and human resources, limiting academic planning for the optimal use and distribution of the infrastructure.

This degree work contributes to the optimization of the process of assigning academic physical resources (classrooms) that an IES in Ecuador has, which consists of collecting and analyzing information applying the processes, techniques and tools of Data Mining; through the design, development and validation of the prototype of a recommender system applying the Rapid Prototyping methodology applying a meta heuristic search algorithm (genetic algorithm). As a result of the analysis of the information, behavior patterns have been obtained, the analysis allowed to elaborate a proposal for improvement and optimization of the process, the results showed the optimization of the physical resource (classrooms) in the allocation process compared to the current one; demonstrating the validity of our proposal. As future work, it is proposed to improve and support the management of physical resources (classrooms) by integrating the functionality of this prototype into the academic management system.

KEYWORDS:

- **DATA MINING**
- **SEARCH ALGORITHMS**
- **PROTECTED METHODOLOGY**
- **ALLOCATION OF CLASSROOMS**

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Antecedentes

A nivel mundial la educación superior muestra entre sus principales desafíos funcionales la óptima asignación de recursos físicos y académicos como son las aulas, horarios y personal docente. La planificación académica involucra equilibrar factores en términos académicos, financieros y logísticos, que aseguren el logro de su objetivo estratégico que es el brindar conocimiento y generar profesionales altamente preparados mediante una gestión que asegure la calidad educativa y satisfacción laboral a su cuerpo docente y administrativo.

Actualmente existen trabajos de investigación realizados por varias Universidades en diversos lugares del mundo desde Europa, Estados Unidos y Latinoamérica que plantean soluciones para la asignación de recursos físicos específicamente de aulas en las instituciones de educación superior considerando diversas perspectivas; unos trabajos muestran el uso de algoritmos de búsqueda para automatizar la asignación de aulas (Cababie et al., 2008) en otro se describe un sistema de asignación de los salones tomando en cuenta variables como disponibilidad de aulas, horarios de los profesores, y requisitos de recursos audiovisuales para cada materia (Sarmiento-lepesqueur, 2014). También se han implementado soluciones con programación lineal; lo que ha permitido optimizar el uso de aulas y el costo que implica su mantenimiento (Frimpong & Owusu, 2015), (Navuduri, 2016); en otros trabajos, ha sido aplicada una metodología formal basada en la optimización matemática (Torres-Ovalle et al., 2014).

Por otra parte, se ha registrado un crecimiento exponencial en la población estudiantil que demanda cupos para realizar sus estudios superiores, según datos estadísticos de la SENESCYT - Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación, en el año 2015 el número de cupos asignados fue de 67919; mientras que en el 2018 superó los 72000. Sin embargo, las IES no logran cubrir esta demanda de la sociedad debido a las limitaciones de infraestructura física y económica. En este contexto, las Instituciones de Educación Superior (IES) en el Ecuador tienen la necesidad de optimizar sus recursos físicos y académicos para mejorar la planificación de sus actividades (Alvear Calero, Jose Luis; Sandoval Vargas, 2017),(Montero Mariño, Cristian Xavier; Vásquez Vítores, 2006).

Las IES en el Ecuador requieren contar también con soluciones que permitan optimizar los recursos físicos disponibles en relación a las asignaturas, horarios y docentes. Hasta donde se ha podido conocer, no se han propuesto trabajos que solucionen esta problemática.

Contexto del problema

Al inicio de cada periodo académico las Instituciones de Educación Superior se enfrentan a un complicado proceso que consiste en la asignación de recursos físicos académicos, dicho proceso demanda muchos recursos como tiempo en la asignación de aulas, recurso humano docente y administrativo para que realice dicha asignación. Este proceso es complejo debido a los múltiples parámetros que deben ser considerados.

El proceso en la IES que será objeto de este estudio, tiene las siguientes deficiencias:

Falta de optimización y aprovechamiento de los recursos físicos para el cumplimiento de los procesos académicos en razón que se asignan aulas que no poseen el espacio suficiente en relación al número de estudiantes y en otros casos el aula tiene mayor capacidad y la cantidad de alumnos es menor.

No se dispone de información sobre las aulas que se encuentran asignadas o libres, lo que no permite satisfacer las necesidades institucionales de asignación de aulas, inclusive para eventos académicos como graduaciones, presentaciones y reuniones de diferente índole que se solicitan diariamente.

No se dispone de una administración centralizada de todos los recursos físicos académicos de los que la IES dispone, la planificación académica se realiza de manera independiente por cada departamento y la asignación de aulas es un proceso manual y desordenado, razón por la cual se producen recorridos de largas distancias entre aulas y entre los diferentes edificios. Esto ocasiona retrasos en los tiempos de llegada a las diferentes clases o lugares de destino.

Planteamiento del problema

Las IES no poseen estudios que determinen el uso eficiente de sus recursos físicos y una herramienta que permita realizar una asignación óptima de los recursos físicos y académicos en forma automática, que permita disminuir el tiempo y el recurso humano docente asignado para tal actividad.

Las IES requieren solventar la asignación de aulas disponibles de acuerdo a las franjas horarias establecidas; también necesitan hacer la asignación en el menor tiempo posible y optimizar el espacio físico (aulas). Además, la mejora en la gestión de los recursos académicos y físicos son indicadores que se evalúan para alcanzar o mantener su respectiva acreditación.

Justificación e importancia

En las instituciones de educación superior el proceso de planificación que se realiza al inicio de cada periodo académico debe ser ejecutado de manera óptima, basada en indicadores y normativas evitando la improvisación y la subjetividad en el proceso.

Las IES deben contar con espacios adecuados para el desarrollo de las actividades académicas como aulas, espacios de trabajo, laboratorios informáticos, espacios para congresos, charlas, seminarios, reuniones y demás que permitan ejecutar las actividades de enseñanza-aprendizaje de forma funcional y cumplir con los indicadores fundamentales de evaluación y acreditación (CEAACES, Consejo de Evaluación, 2018).

El presente trabajo contribuye con el análisis de la información referente a la infraestructura disponible mediante el uso de técnicas y herramientas de minería de datos, y a partir de los resultados obtenidos se ha desarrollado un prototipo que utiliza algoritmos genéticos para asignar aulas de forma automática. Este prototipo garantiza un proceso óptimo para el uso de los recursos físicos académicos disponibles, en beneficio de docentes y alumnos, así como a los gestores de las IES. Además, la implementación del prototipo contribuye en la toma de decisiones para mejorar índices para acreditación.

Alcance

El presente proyecto ha realizado el análisis de la información disponible en la IES acerca de los recursos físicos (aulas) mediante la aplicación de técnicas y herramientas de minería de datos, y ha sido desarrollado un prototipo que utiliza algoritmos genéticos para la asignación de dichos recursos de la IES.

Se ha realizado una revisión literaria para conocer sobre el desarrollo de sistemas recomendadores y su aplicación en el ámbito de distribución de espacios y/o aulas; también se identificado herramientas que faciliten el desarrollo del proyecto.

Mediante técnicas de investigación como entrevistas y la coordinación con las personas responsables de éste proceso en las unidades de planificación y la unidad que administra la base de datos de la IES, se ha realizado la recopilación de datos de cuatro periodos académicos

correspondientes a Septiembre del 2017 hasta febrero del 2019 obteniendo los datos necesarios para realizar el análisis de la información histórica de la IES en la cual se aplican las técnicas descriptivas y auxiliares de la minería de datos para determinar las reglas o funciones con los parámetros necesarios para generar las recomendaciones de asignación de aulas.

Para diseñar el prototipo ha sido aplicada la metodología de prototipado rápido (MPR), en sus cuatro fases iniciales, tales como: Definición de especificaciones, Diseño conceptual, Desarrollo del prototipo y Pruebas del usuario; lo que permite presentar un prototipo con visión de cambio y mejora.

La elaboración del protocolo de validación y pruebas del prototipo se realizará basada en la información de los departamentos analizados de la IES. De las soluciones obtenidas con el algoritmo implementado se realizarán el análisis y la comparación hasta definir la más óptima para la asignación automática de los recursos físicos. Finalmente, la solución óptima será comparada con la asignación manual.

Objetivo general

Desarrollar el prototipo de un sistema recomendador para la asignación de recursos físicos (aulas) de una institución de educación superior, mediante la implementación de una técnica de búsqueda meta heurística y basado en los resultados del análisis de la información disponible en la IES aplicando técnicas de minería de datos.

Objetivos específicos

OE1: Realizar una revisión literaria mediante una revisión inicial, para determinar las herramientas y técnicas aplicadas tanto en el desarrollo de Sistemas Recomendadores como en la automatización de la asignación de recursos físicos (aulas).

OE2: Recopilar y analizar la información histórica de la IES del caso de estudio mediante la identificación de parámetros que permitan la automatización de la asignación de recursos físicos (aulas), aplicando técnicas de minería de datos.

OE3: Diseñar y desarrollar el prototipo de un sistema recomendador para la asignación de recursos físicos (aulas), aplicando una metodología para desarrollo de sistemas y algoritmos de búsqueda.

OE4: Realizar la validación y pruebas del prototipo aplicadas a las asignaturas pertenecientes a dos departamentos, para comprobar si los resultados obtenidos alcanzan soluciones óptimas respecto a las asignaciones realizadas en forma manual.

Formulación del problema

Para delinear de forma adecuada el alcance de la investigación planteada, se proponen varias preguntas de investigación asociadas a los objetivos específicos, tal como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1

Preguntas de investigación

Objetivo específico	Pregunta de investigación
<p>OE1: Realizar una revisión literaria mediante una revisión inicial, para determinar las herramientas y técnicas aplicadas tanto en el desarrollo de Sistemas Recomendadores como en la automatización de la asignación de recursos físicos (aulas).</p>	<p>OE1-RQ1.1 ¿Qué técnicas han sido aplicadas para la asignación de recursos físicos (aulas)?</p> <p>OE1-RQ1.2 ¿Cuáles ha sido las técnicas y herramientas aplicadas para el desarrollo de sistemas recomendadores?</p>
<p>OE2: Recopilar y analizar la información histórica de la IES del caso de estudio mediante la identificación de parámetros que permitan la automatización de la asignación de recursos físicos (aulas), aplicando técnicas de minería de datos.</p>	<p>OE2-RQ2.1 ¿Cómo determinar las variables para seleccionar los registros a ser analizado?</p>

Objetivo específico	Pregunta de investigación
<p>OE3: Diseñar y desarrollar el prototipo de un sistema recomendador para la asignación de recursos físicos (aulas), aplicando una metodología para desarrollo de sistemas y algoritmos de búsqueda.</p>	<p>OE3-RQ3.1 ¿Qué metodología ágil es adecuada para el desarrollo del prototipo de un sistema recomendador?</p> <p>OE4-RQ3.2 ¿Qué características debe cumplir la interfaz del sistema recomendador para asignación de aulas?</p>
<p>OE4. Realizar la validación y pruebas del prototipo aplicadas a las asignaturas pertenecientes a dos departamentos, para comprobar si los resultados obtenidos alcanzan soluciones óptimas respecto a las asignaciones realizadas en forma manual.</p>	<p>OE5-RQ5.1 ¿Qué parámetros debe incluir el protocolo de validación y pruebas del prototipo? el nivel de confianza con el que se trabajará para el análisis de resultados?</p> <p>OE5-RQ5.2 ¿Qué datos debo comparar para seleccionar la solución óptima y en base a qué parámetro debo comparar los resultados vs el proceso manual?</p>

Nota: Esta tabla muestra las preguntas de investigación planteadas para el presente trabajo de titulación.

CAPÍTULO II

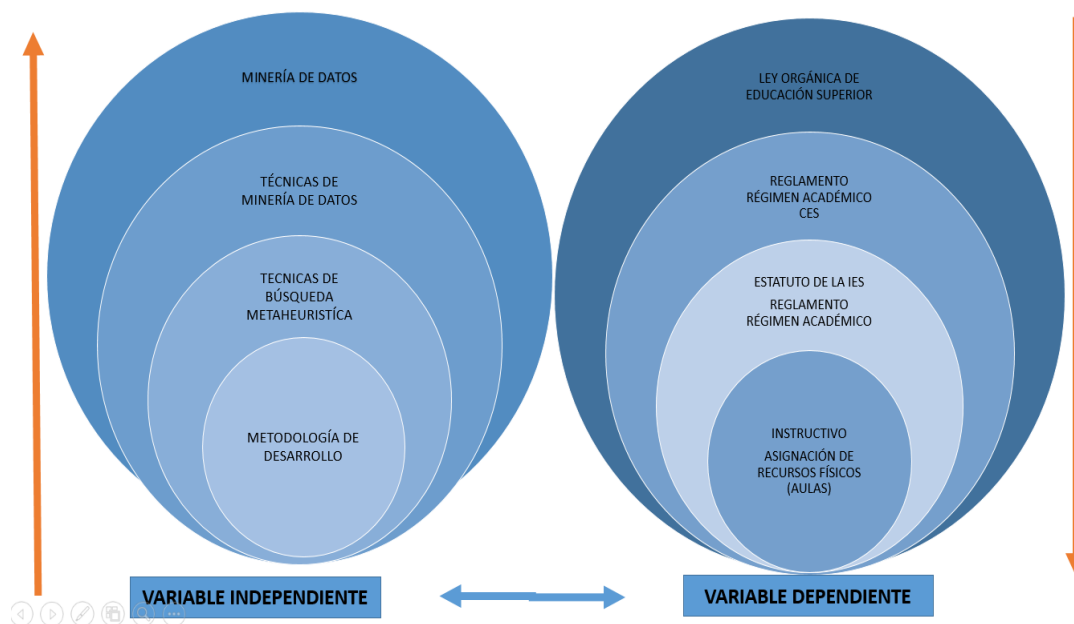
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

En el presente capítulo se describen los principales conceptos o definiciones relacionados con los temas que ha involucrado el desarrollo del presente trabajo de titulación de maestría. Además, se han identificado variables dependientes e independientes con el fin de estudiar a detalle cada uno de los tópicos que intervienen en este trabajo. Cada variable ha sido categorizada de la siguiente manera:

- a. **Variable Independiente:** Está relacionada con las técnicas y herramientas de minería de datos, así como con las técnicas de búsquedas y la metodología de desarrollo de un prototipo. Dichas variables nos permiten realizar el análisis de la información para la identificación de patrones de asignación de aulas potencialmente más óptimas y eficientes.
- b. **Variable Dependiente:** Contiene los reglamentos y normativas vigentes que delimitan a la IES en el ámbito de la gestión académica y asignación óptima de recursos físicos.

Figura 1

Categorización de variables, Fundamentación teórica



Nota: El gráfico representa la definición de variables del caso de estudio.

Fundamentación de la variable independiente

Minería de datos

La Minería de Datos (MD) según (Gutiérrez O. & Molina, 2017), es una tecnología y estrategia de modelado matemático que permite llegar a comprender el contenido de una base de datos, siendo los datos la materia prima, que de acuerdo al valor significativo que le dé el usuario se convierte en información. Esta información es valorada por los especialistas encontrando el modelo y haciendo que la interpretación de la información genere conocimiento.

Además, la MD es una técnica que consiste en extraer conocimiento y descubrir patrones a partir del análisis de la data y sus relaciones. Para cumplir con este proceso es necesario seguir una secuencia iterativa de pasos (Han, Jiawei; Kamber, Micheline; Pei, 2012).

A continuación, en la Figura 2 se pueden observar la secuencia de pasos y su respectiva descripción.

Figura 2

Proceso de Minería de Datos



Nota: El gráfico muestra la secuencia de pasos del proceso de Minería de datos y su respectiva descripción.

1. Limpieza de datos, consiste en remover ruido e inconsistencias de la data.
2. Integración, se pueden combinar múltiples fuentes de datos. Este paso se conoce también como pre-procesamiento.
3. Selección de los datos, es la tarea de recuperar los datos más relevantes e interesantes para el análisis.

4. Transformación de datos, los datos se consolidan apropiadamente, se reducen si es necesario sin afectar a su integridad, y se realizan las operaciones necesarias.
5. Minería de datos, es un importante proceso donde se aplican los métodos inteligentes (clasificadores, reglas, aprendizaje automático, estadística, herramientas tecnológicas, otros) para extraer los patrones de la data.
6. Evaluación de patrones, identificación de patrones interesantes que representan conocimiento basado en medidas y análisis realizado.
7. Presentación del conocimiento, consiste en la aplicación de técnicas de representación y visualización del conocimiento a los usuarios.

Técnicas de minería de datos

Las técnicas de minería de datos están enfocadas al descubrimiento del conocimiento embebido en los datos y se clasifican en tres (Satin, Gonzalez; Perez, 2008), predictivas o aprendizaje supervisado, descriptivas y auxiliares.

Figura 3

Clasificación de la minería de datos



Nota: La figura muestra la clasificación de las técnicas de minería de datos.

Técnicas predictivas

Se especifican el modelo para los datos en base a un conocimiento teórico previo. El modelo supuesto para los datos debe contrastarse después del proceso de minado de datos antes de aceptarlo como válido.

Técnicas descriptivas

Dentro de estas técnicas no se asigna ningún papel predeterminado a las variables. No se supone la existencia de variables dependientes ni independientes y tampoco se supone la existencia de un modelo previo para los datos. Los modelos se crean dinámicamente partiendo del reconocimiento de patrones.

A continuación, se describen las técnicas descriptivas de análisis exploratorio como son el análisis de varianza junto con el Método Tuckey.

La estadística descriptiva permite obtener el resumen y exploración de datos que restringen sus conclusiones a la población analizada mientras que la estadística inferencial pretende extraer información sobre más elementos de los estrictamente analizados.

b.1) Análisis de varianza (ANOVA): Es un análisis estadístico que prueba la hipótesis de que las medias de dos o más poblaciones son iguales, evalúan la importancia de uno o más factores al comparar las medias de la variable de respuesta en los diferentes niveles de los factores y el identificar la hipótesis nula establece que todas las medias de la población son iguales mientras que la hipótesis alternativa establece que al menos una es diferente (Aluja, 2001).

El nombre "análisis de varianza" se basa en el enfoque en el cual el procedimiento utiliza las varianzas para determinar si las medias son diferentes. El procedimiento funciona comparando la varianza entre las medias de los grupos y la varianza dentro de los grupos como una manera

de determinar si los grupos son todo parte de una población más grande o poblaciones separadas con características diferentes (Aluja, 2001).

b.2) Método Tukey se utiliza en ANOVA para crear intervalos de confianza para todas las diferencias en parejas entre las medias de los niveles de los factores mientras controla la tasa de error por familia en un nivel especificado. Es importante considerar la tasa de error por familia cuando se hacen comparaciones múltiples, porque la probabilidad de cometer un error de tipo I para una serie de comparaciones es mayor que la tasa de error para cualquier comparación individual. Para contrarrestar esta tasa de error más elevada, el método de Tukey ajusta el nivel de confianza de cada intervalo individual para que el nivel de confianza simultáneo resultante sea igual al valor que usted especifique (Aluja, 2001).

Técnicas auxiliares

Se trata de nuevos métodos basados en técnicas estadístico-descriptivas, consultas e informes enfocados hacia la verificación (Satin, Gonzalez; Perez, 2008). A continuación, se describen algunas herramientas de análisis:

c.1) Pentaho

Es una plataforma perteneciente a la empresa Hitachi Vantara, que contiene a un conjunto de herramientas para reportes, análisis, minería, visualización e integración de datos.

La herramienta utilizada en el presente estudio fue Pentaho Data Integration (PDI), y se caracteriza por que permite realizar tareas de limpieza e integración de datos, facilitando la obtención de un solo repositorio formado a partir de distintas fuentes.

Ofrece una edición empresarial y de tipo comunitaria apropiada para soluciones de tipo educativo; y en general cumple con las siguientes características:

- Asegura la escalabilidad, integración y portabilidad.

- Es Open source ya que no es necesario la adquisición de licencias para su uso.
- Multiplataforma, funciona sobre todos los sistemas operativos.
- Usa tecnología estándar java, XML o Javascript.
- Es una solución flexible, permite crear nuevas funcionalidades que se adaptan a la organización.

c.2) Rapid Miner

RapidMiner es un programa informático de software libre, utilizado para el análisis y minería de datos. Permite realizar procesos de análisis de datos mediante el encadenamiento de operadores a través de un entorno gráfico. Se usa en investigación, educación, capacitación, creación rápida de prototipos y en aplicaciones empresariales.

Entre sus características se pueden destacar:

- Desarrollado en Java
- Multiplataforma
- Acceso a varias fuentes de datos desde Excel, Acces, y motores de Base de datos como Oracle, IBM, SQL, Postgress, MySQL.
- Permite el análisis de datos mediante el uso de operadores a través de un entorno gráfico.

c.3) Tableau

Es una plataforma de análisis y visualización de datos en inteligencia de negocios.

Figura 4

Cuadrante mágico de Garner para herramientas BI



Nota: La figura muestra el posicionamiento para herramientas BI dentro del cuadrante de Garner, que para la herramienta Tableau se encuentra entre los líderes como una de las herramientas mejor posicionadas.

De uso comercial y bajo licenciamiento posee versión gratuita llamada Tableau Public; la cual permite guardar lo desarrollado en la nube de la herramienta y únicamente trabajar con datos locales, a diferencia de la versión propietaria en la cual posee funcionalidades más completas y de total gestión de la organización.

Entre sus características podemos indicar:

- Visualización de datos fácil, simple y rápida
- Es totalmente intuitiva, amigable y de fácil aprendizaje
- Combina las tecnologías de base de datos, gráficos y presentación clara de la información.

Técnicas de búsquedas

Las técnicas de búsqueda se pueden aplicar para la resolución de problemas donde el procedimiento consiste en describir un espacio de búsqueda y luego elegir una estrategia para recorrer este espacio en busca de soluciones (Vidal Esmorls, 2013).

Las técnicas de búsqueda se clasifican en Heurísticas y Metaheurísticas.

Heurísticas

Heurístico, se refiere a una técnica, método o procedimiento inteligente para resolver problemas mediante una tarea que no es producto de un riguroso análisis formal, sino de conocimiento experto sobre la tarea (Silva et al., 2017; Vidal Esmorls, 2013).

Los métodos de búsqueda heurística disponen de alguna información sobre la proximidad de soluciones, lo que permite explorar en primer lugar los caminos más prometedores (Ryan, Silvia Rodríguez ; Martinez, Cristian; Morales, 2003; Silva et al., 2017).

Son características de los métodos heurísticos:

- Al encontrar una solución, no se asegura que ésta sea la más óptima para la resolución del problema.
- Permiten una mayor flexibilidad y robustez para el manejo de las características del problema.

- El método heurístico se utiliza como parte de un procedimiento global que garantiza la solución óptima de un problema

Algunos métodos heurísticos son:

- **Métodos de Descomposición:** Descompone en sub-problemas más sencillos de resolver, teniendo en cuenta que todo pertenece al mismo problema.
- **Métodos Inductivos:** Generaliza las propiedades o técnicas identificadas en estos casos, más fáciles de analizar que se pueden aplicar al problema completo.
- **Métodos de Reducción:** Identifica propiedades que se cumplen mayoritariamente por las buenas soluciones simplificando el problema. El riesgo es dejar fuera las soluciones óptimas del problema original.
- **Métodos Constructivos:** Consisten en construir literalmente paso a paso una solución del problema de manera deterministas y están basados en la mejor elección en cada iteración.
- **Métodos de Búsqueda Local:** Comienzan con una solución del problema y la mejoran progresivamente en cada paso un movimiento de una solución a otra con mejor valor. Un ejemplo clásico es el algoritmo de Ramificación y Poda (branch and bound) en programación dinámica.

Meta heurísticas

El término meta heurística se obtiene de anteponer a heurística el sufijo meta que significa "más allá" o "a un nivel superior"; y son estrategias para mejorar los procedimientos heurísticos con el fin de lograr resolver problemas de un alto nivel de dificultad en los que los métodos heurísticos clásicos no son efectivos.

Los denominados métodos meta heurísticos, imitan fenómenos simples observados en la naturaleza están asociados con la inteligencia artificial y son los que tratan de adaptar el comportamiento de diferentes especies a soluciones de problemas altamente complejos mediante optimización (Vidal Esmorls, 2013). A continuación, se nombran algunos de estos métodos:

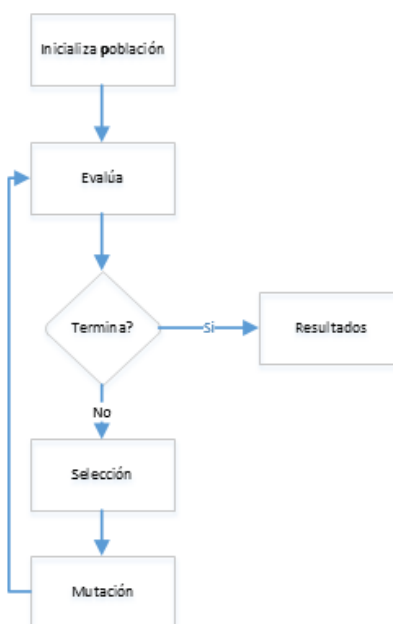
- Algoritmos evolutivos: Construyen un conjunto de soluciones, cuyo procedimiento consiste en generar, seleccionar, combinar y reemplazar soluciones durante la búsqueda. Por ejemplo, los Algoritmos Genéticos basados en modelos biológicos que emulan el proceso natural de evolución.
- Algoritmos basados en el comportamiento de las comunidades de hormigas, abejas, etc.; se inspira en la estructura de las colonias en los que los individuos se comunican entre sí, estableciendo recorridos por medio de la identificación del camino más adecuado entre su nido y la fuente de alimentos.
- Simulated annealing: Meta heurística inspirada en la física, consiste en un algoritmo de búsqueda inspirado en el proceso de calentamiento y posterior enfriamiento de un metal.
- Algoritmos genéticos: son un conjunto de instrucciones o reglas bien definidas, ordenadas y de número determinado que permite realizar una actividad mediante pasos sucesivos. Los algoritmos genéticos (GA) son “algoritmos de búsqueda y optimización basados en los mecanismos de selección natural y genética (Niño, 2013), es la única metaheurística que trabaja simultáneamente con dos conjuntos de soluciones factibles, que las considerara como individuos de una población que se cruza, reproduce y puede incluso mutar para sobrevivir” (Vidal Esmorls, 2013). Están basados en el proceso

genético de los organismos vivos; en el que la población evoluciona en la naturaleza de acuerdo a los principios de selección natural y supervivencia del más fuerte, postulados por Darwin (1859). Al imitar ese proceso, los Algoritmos Genéticos son capaces de ir creando soluciones para problemas del mundo real. La evolución de estas soluciones a valores óptimos dependen de la codificación de las mismas (Niño, 2013).

La Figura muestra el funcionamiento del algoritmo genético; el mismo que será programado para la generación de recomendaciones.

Figura 5

Diagrama del Algoritmo genético



Nota: La figura muestra el diagrama de ejecución del algoritmo genético sobre los datos de la muestra hasta mostrar la recomendación.

1. Utilizando los datos cargados el algoritmo inicializa la población de soluciones candidatas esto normalmente se realiza de forma aleatoria para proporcionar una cobertura uniforme de todo el espacio de búsqueda.
2. Luego, la población se evalúa asignando un valor de aptitud a cada individuo de la población. En esta etapa, a menudo quisiéramos tomar nota de la solución más adecuada actual y del estado físico promedio de la población.
3. Después de la evaluación, el algoritmo decide si debe terminar la búsqueda en función de las condiciones de terminación establecidas. Por lo general, esto se debe a que el algoritmo ha alcanzado un número fijo de generaciones o se ha encontrado una solución adecuada.
4. Si no se cumple la condición de terminación, la población pasa por una etapa de selección en la que los individuos de la población se seleccionan en función de su puntaje de aptitud física: cuanto mayor sea la aptitud física, mayores serán las posibilidades de que un individuo sea seleccionado.

Metodología del Prototipado Rápido (MPR)

Esta metodología se adapta adecuadamente al contexto del presente trabajo, habitualmente se aplica cuando al principio no se tienen claramente definidos los requisitos del sistema o aplicación que se requiere realizar. Lo más importante de ésta metodología es la evolución cíclica del prototipo en la que se involucra al usuario final en la mejora de los requisitos. Permite obtener mejores versiones del prototipo y validar con casos, esto permite finalmente obtener una versión probada y mejorada previo al desarrollo o construcción de la

aplicación final. La captura de requisitos se realiza en cada iteración, lo cual permite simplificar una de las etapas más críticas en la ingeniería del software.

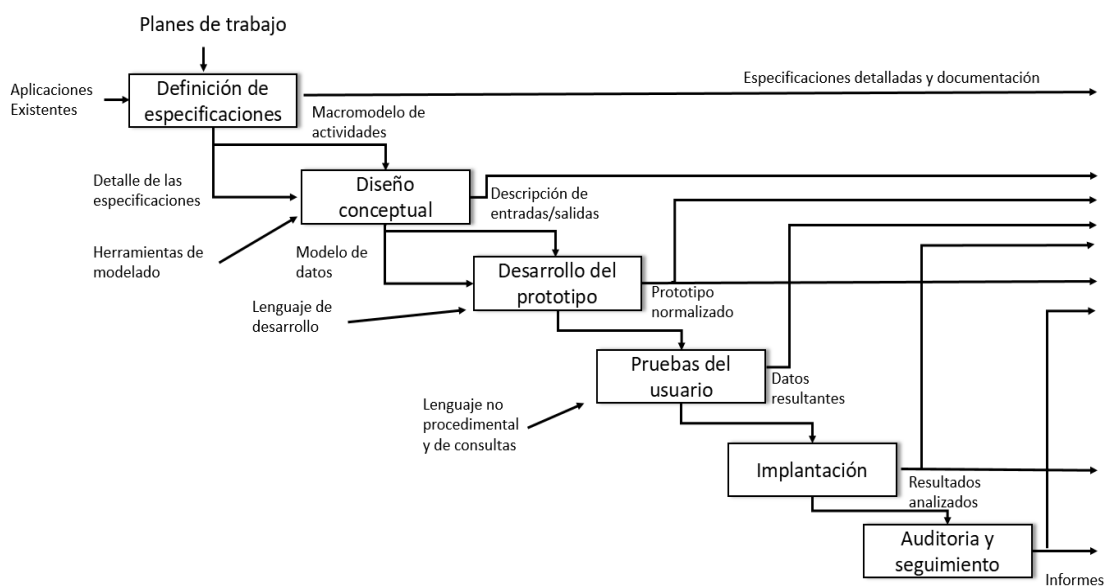
La MPR es una metodología que se adapta a equipos de desarrollo reducidos y sobre todo entornos académicos (Pressman, 2010), como es el caso del presente trabajo. Las fases del producto final se realizan en pequeños incrementos conforme se consolidan los requisitos, los conceptos, las necesidades, los recursos lo cual simplifica la complejidad del proyecto.

Fases de la Metodología de Prototipado Rápido (MPR)

Las fases de la metodología a seguir se muestran en la siguiente Figura:

Figura 6

Fases Metodología Prototipado Rápido



Nota: La figura muestra las fases de la metodología del prototipado rápido, metodología que fue aplicada en sus 4 primeras fases para el desarrollo de este trabajo de titulación.

a) Definición de especificaciones

Consiste en identificar las actividades del proceso a automatizar, identificar el problema, los requerimientos básicos y deseos que los usuarios tienen en relación al proyecto que se pretende desarrollar. Requerimientos Funcionales y no funcionales.

b) Diseño conceptual

El diseño se enfoca en cuatro atributos:

1. Estructura de los datos,
2. Arquitectura del software,
3. Detalle procedimental y
4. Caracterización de la interfaz.

c) Desarrollo del prototipo

Esta etapa tiene como propósito codificar el prototipo determinando el lenguaje de programación a utilizar siguiendo los lineamientos definidos en el diseño y tomando en consideración los requisitos funcionales y no funcionales.

d) Pruebas del usuario

Se realizan pruebas con datos de ambiente real, se valida los resultados y busca comprobar que el prototipo funcione correctamente y que cumpla con los requerimientos.

e) Implantación

Es en esta etapa en la que se implementa el producto entregable cuyo propósito es instalar el prototipo y los requisitos necesarios para que pueda ejecutarse.

f) Auditoria y seguimiento

Se realiza el planteamiento de un cronograma destinado para la auditoria y seguimiento del producto entregado.

Es importante indicar que, para cumplir con el objetivo del presente trabajo, se aplicaron las 4 primeras fases de esta metodología.

Fundamentación de la variable dependiente

Como parte importante para el desarrollo del trabajo fue conocer el fundamento legal que rige los diferentes procesos que intervienen en la gestión de recursos académicos físicos en las IES, se han considerado los fundamentos legales que se describen a continuación.

- a) Ley Orgánica de Educación Superior LOES (Ley Orgánica De Educación Superior Ecuador, 2010)
- b) Reglamento de Régimen Académico (Consejo de Educacion Superior, 2017)
- c) Normativa específica de la IES de nuestro estudio:
 - Estatuto de la IES (Estatuto, 2019)
 - Reglamento interno de régimen académico y de estudiantes“(H. C. IES, 2014)
 - Instructivo académico n.-001-2019, para el proceso de registro de matrículas, primer periodo académico (Instructivo-Matricula-SI-2019.Pdf, 2019).
 - Instructivo Asignación Recursos Físicos (Aulas)(Instructivo_de_asignacio-Reasignacion_de_aulas.Pdf, 2019)

Reglamento Interno de Régimen Académico y de Estudiantes

Este reglamento está aprobado por el Honorable Consejo, autoridad que regula la IES del caso de estudio para que sus actividades estén alineadas a las leyes y reglamentos de las entidades que rigen a la educación superior, así como para el cumplimiento de los deberes y derechos de la comunidad universitaria.

El régimen académico de la IES, se organiza a partir de los niveles de formación de la educación superior, la organización de los aprendizajes, la estructura curricular y las modalidades de estudio y define las referencias epistemológicas y pedagógicas de las carreras y

programas que se imparten. El enfoque educativo de la Universidad está sustentado en el paradigma constructivista socio cultural (H. C. IES, 2014).

Enmarcada en estas normativas, tanto la Ley de Educación Superior como el Reglamento de Régimen Académico; indican el deber de la IES de contar y dar acceso a los medios y recursos adecuados para la formación académica. (Ley Orgánica De Educación Superior Ecuador, 2010) (Consejo de Educacion Superior, 2017)

Referente al proceso de gestión para la asignación de recursos académicos, la normativa interna de la IES establece su estructura por departamentos como lo cita el **Art. 7.** *“es de carácter matricial, sustentada en unidades estratégicas académicas denominadas departamentos...”*; así como estableciendo los Niveles de formación y el número de asignaturas como de horas que debe cumplir para la respectiva titulación (Estatuto, 2019).

Los dos principales niveles de formación académica son Licenciatura (se deben cumplir 7000 horas durante 9 períodos académicos) e Ingeniería (se deben cumplir 8000 horas durante 10 períodos académicos).

Referente a la planificación académica, en el Art. 7 del reglamento interno de Régimen Académico de la IES se establece que: *“La planificación se realizará con horas de 60 minutos...”* (H. C. IES, 2014).

Instructivo asignación recursos físicos

El Proceso de planificación académica esta normada en el instructivo vigente, el cual indica la responsabilidad de la Unidad de Admisión como regulador del proceso de Matricula y en el cual se detalla también la asignación de los diferentes recursos académicos enmarcados de la siguiente manera:

“Art. 73.- Para las carreras de tercer nivel la Unidad de Admisión y Registro elaborara el instructivo que regulara el procedimiento de matrícula...”; al Director de Departamento quien establece los cupos disponibles...”Art. 95.- Los directores de carrera determinaran si existen cupos disponibles para la diferentes niveles...”; con la respectiva duración de crédito en un total de 16 semanas efectivas de clase. “Art. 104.- en un periodo académico de 16 semanas efectivas de clases”...

La creación de NRC's debe ser con un mínimo de 12 estudiantes; en caso de que esto no se cumpla, se unificara NRC's entre asignaturas equivalentes como lo indica el: ***“literal e. En aquellos casos en los que existan NRC's con un número inferior a 12 estudiantes y existan asignaturas equivalentes en el régimen horas, los directores de departamento asignaran a un mismo docente...”***

La responsabilidad de la asignación de aulas, está a cargo de las unidades administrativas de la IES como son la Unidad de Estudios Presenciales en coordinación con la Unidad de Tecnologías que deben asignar las aulas en función de su capacidad y acorde al número de estudiantes. *“Ítem 6. La UEP controlará la asignación de aulas de los Departamentos en la Matriz de la Universidad; en función de la capacidad instaladas, en el caso de que existan asignaciones de aulas no acorde al número de estudiantes y a la capacidad instalada, en coordinación con la UTIC, procederá a realizar una redistribución*

CAPÍTULO III

RECOPIACIÓN Y ANÁLISIS DE LA DATA

En el presente capítulo se describe la información recopilada para el análisis de la data y los resultados obtenidos que han permitido generar una propuesta para la asignación de recursos físicos (aulas) en una IES.

Basados en la secuencia de pasos y procesos que sigue la Minería de Datos ha sido desarrollado el análisis de la información tal como se describe a continuación.

Recopilación de la Data

Se han realizado las gestiones pertinentes en la IES para recopilar la data relacionada con el tema de estudio del presente trabajo. La actividad inicial ha sido el acercamiento mediante entrevistas a los actores principales del proceso de asignación de aulas. Luego, se ha coordinado con la unidad administrativa de la IES que tiene como responsabilidad la gestión y administración de la Base de Datos y nos ha facilitado la información que está relacionada con el objetivo de este trabajo. Como resultado de esta gestión se han recibido tres archivos con la data en formato Excel, correspondientes a los cuatro últimos periodos académicos (agosto 2017 a febrero 2019). Los archivos disponían la siguiente data:

- **Información Académica:** un archivo que contiene una matriz en el que se observan registros del periodo académico; el departamento; las asignaturas; docente asignado; número de matriculados, reprobados; horario por día; hora inicio y hora fin; así como también el aula asignada.
- **Información Aulas:** Dos archivos que contiene la información de aulas, se dispone del inventario de bloques, aulas, área y capacidad disponible. También se facilitó el inventario de aulas identificando si posee equipo de proyección e internet.

Cada archivo tuvo una estructura y campos distintos, los cuales contenían información útil para el estudio acerca de la asignación de aulas de la IES, tales como distribución física de aulas por bloque, capacidad y área; Departamentos y Carreras, Personal Docente, horarios, alumnos matriculados y asignaturas que se imparten.

A continuación, se muestra en la Tabla 2, un listado de los archivos recibidos con el detalle del número de campos que contenía cada uno.

Tabla 2

Listado de archivos recibidos para el análisis

Nombre del archivo	Número de columnas	Número de filas
Aulas y Bloques	12	11546
InformacionNRC201710	11	1163
InformacionNRC 201720	11	1264
InformacionNRC 201810	11	1266
InformacionNRC201811	11	1159

Nota: Esta tabla muestra un listado de los archivos recibidos con el detalle del número de campos que contenía cada uno.

Limpieza de datos

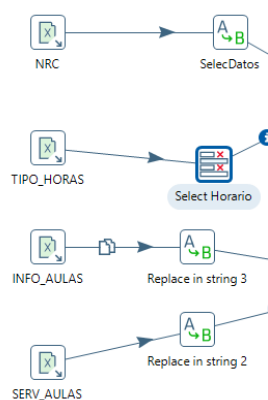
En la primera fase, se ha realizado la exploración de los datos contenidos en los archivos listados en la tabla 2; en los que se observa que presentan alrededor de 2700 registros con datos nulos; datos faltantes y datos con errores de formato que impedían una exploración acorde al objetivo planteado.

El proceso se apoyó en la utilización de la herramienta Pentaho Data Integration (PDI), la cual permitió crear un proceso automatizado que examinó todos los registros disponibles en

cada archivo de Excel recibido y se ejecutaron los procesos de limpieza y preparación de datos para realizar modificaciones, incluir o eliminar datos.

Figura 7

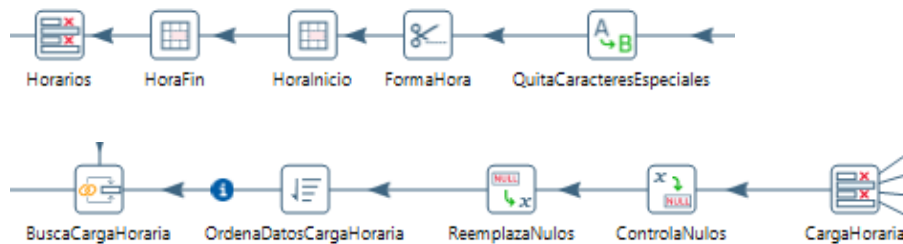
Lectura de datos con la herramienta PDI



Nota: La figura muestra la utilización de la herramienta Pentaho PDI, en la cual se carga los archivos .xls recibidos para iniciar el procesamiento de los datos.

Figura 8

Limpieza de datos con PDI



Nota: La figura muestra el flujo de limpieza de datos que se ejecutó en la herramienta PDI con el fin de afinar la información y prepararla para el procesamiento.

Sobre los archivos cargados se ejecutaron un conjunto de operaciones como lo muestra la Figura 8 para determinar información inexacta e incompleta, eliminar anomalías, corregir errores detectados y omisiones; mejorando la calidad de los datos.

Integración de datos

Una vez realizada la limpieza de los datos e identificar los campos y atributos; se procede a combinar las múltiples fuentes de datos con el objetivo de generar una tabla que resume los atributos y características necesarios para el análisis que se requiere realizar.

Figura 9

Integración de los datos finales



Nota: La figura muestra la ejecución del proceso de integración de datos en la herramienta PDI, en la cual se combina las fuentes de datos y generar una tabla para el análisis.

Selección de los datos

De las distintas fuentes de datos recopilados, fueron seleccionados los campos de interés para el análisis del estado de asignación de aulas y se genera un único archivo de Excel el cual contiene 4852 registros distribuidos en los campos que se listan a continuación:

- Periodo: Detalla el Periodo al que pertenece.
- Departamento: Departamento Académico
- Créditos: Número de horas que contiene el NRC
- Código de Curso: Código asignado al NRC

- Materia: Nombre de la asignatura
- Número de Matriculados: Número de estudiantes matriculados
- Número de Aprobados: Número de estudiantes aprobados
- Numero de Reprobados: Número de estudiantes reprobados.
- Horario: Franja horaria registrada para el NRC
- Cod_Franja: Código de franja horaria
- Aula: Aula Asignada
- Bloque: Bloque al que pertenece el aula asignada
- Capacidad: Capacidad de puestos del aula asignada
- Tipo de aula: Identifica si es aula, laboratorio o auditorio.

Transformación de datos

Basados en los datos seleccionados se realizaron operaciones necesarias para medir el porcentaje y estado de uso de las aulas dentro de los 4 periodos para su posterior análisis. Así los campos calculados son:

- Cálculo del número de espacios subutilizados, esto se refiere a la diferencia entre los espacios utilizados y no utilizados, respecto a la capacidad de espacios que tiene cada aula menos los estudiantes matriculados.
- Cálculo del porcentaje de espacios utilizados y subutilizados, donde el 100% corresponde al número de puestos del aula y el porcentaje de uso se calcula en relación al número de estudiantes matriculados.
- Clasificación de estados por el uso de la capacidad del aula: se han determinado tres estados: óptimo, subutilizado y sobrepoblado.

En base a los datos procesados, se ha podido conocer el estado actual de la asignación de aulas en la IES. Esto ha permitido determinar los elementos del macro proceso de asignación de aulas:

- a) La IES en la que se desarrolló el proyecto tiene una estructura departamental, como lo indica el Artículo 7 del Estatuto (Estatuto, 2019), en el que indica que la IES posee 10 Departamentos los cuales contienen las asignaturas y docentes que administrativamente son los recursos que hacen uso las carreras de pregrado de las modalidades presencial y a distancia.
- b) El inventario de recursos académicos (departamentos, carreras, asignaturas, aulas y horarios)

La IES mantiene un total de 10 Departamentos que proveen a las carreras de la modalidad presencial y distancia las materias, docentes y horarios.

Las carreras de modalidad presencial se clasifican en 13 carreras de ingeniería y 2 carreras de licenciatura (de malla curricular antigua) y 9 carreras de ingeniería y 7 Licenciaturas (de malla curricular rediseñada) en base a la información obtenida en la recolección de datos, las diferentes carreras contienen aproximadamente 744 asignaturas; que en el último periodo se distribuyeron en 2551 paralelos (NRC's).

A continuación, se muestra en la Tabla 3 con la descripción por departamento, sus carreras y las asignaturas que tienen mayor número estudiantes matriculados promedio.

Tabla 3

Carreras y asignaturas por departamento

	DEPARTAMENTO	CARERAS MALLA ANTIGUA	ASIGNATURAS
LICENCIATURAS	Ciencias Humanas	ACTIVIDAD FISICA DEPORT	DEPORTES DE TIEMPO Y MARCA
		EDUCACION INFANTIL	APRECIACION ESCULTURA DEPORTES DE COMBATE
	DEPARTAMENTOS	CARERAS MALLA REDISEÑADA	ASIGNATURAS
	Ciencias Humanas	EDUCACION INICIAL (R)	COMUNICACION ORAL Y ESCRITA METOD.INVESTIACIÓN CIENTIFICA APRECIACION DEL ARTE Y CULTURA APRO.BASE.BIOL.DES.HUM.EDU.INI DEPORTES DE TIEMPO Y MARCA APRECIACION ESCULTURA
		PEDAGOGIA ACTI. FI (R)	
	Ciencias Administrativas	MERCADOTECNIA (R)	
		TURISMO (R)	
		ADMIN. DE EMPRESAS (R)	
CONTAB. Y AUDITORIA (R)			
COMERCIO EXTERIOR (R)			
DEPARTAMENTOS	CARERAS MALLA ANTIGUA	ASIGNATURAS	
Ciencias Administrativas	ADM TURISTICA HOTELERA	GESTION CALIDAD Y PRO GESTION EMPRESARIAL DISE Y EVA PROYECTOS DES DE EMPRENDEDORES ADM FINANCIERA I	
	ADMINISTRACION DE EMPRE		
	COM EXTERIO NEGOCIACION		
	COMERCIAL		
	FINANZAS EMP AUDITORIA		
	FINANZAS Y AUDITORIA		
	MERCADOTECNIA		
INGENIERIAS	Ciencias de la Computación	SISTEMAS E INFORMATICA	COMERCIO ELECTRONICO FUNDAMENTOS DE TI FUND. DE PROGRAMACION
	Ciencias de la Vida	BIOTECNOLOGIA	SISTEMAS BIOLÓGICOS BIOLOG MICROORG SIST BIOLÓGIC BIOLOGIA ANIMAL
	Eléctrica y Electrónica	ELEC AUTOMATIZA CONTROL	MAQUINAS ELECTRICAS CIRCUITOS DIGITALES CIRCUITOS ELECTRICOS II
		ELEC TELECOMUNICACIONES	
	Ciencias de la Energía y Mecánica	MECANICA	MECANICA DE MATERIALES I INST. INDUSTRIAL MECANICA PROCESOS DE MANUFACTURA I
		MECATRONICA	
	Ciencias de la Tierra y Construcción	CIVIL	DIBUJO TECNICO Y PLANOS CARTOGRAFIA I DISEÑO GEOMET DE VIAS I
		GEOGRAFICA MEDIO AMBIENTE	

Nota: Esta tabla contiene la descripción por departamento, sus carreras y las asignaturas que tienen mayor número estudiantes matriculados promedio.

La IES posee una gran infraestructura física con 4 Edificios divididos en 6 bloques; en los cuales se distribuyen un total de 183 aulas con una capacidad promedio de 30 alumnos por aula.

Las franjas establecidas en el reglamento de la IES para el desarrollo de las actividades académicas están definidas en dos jornadas como se describe en la Tabla 4.

Tabla 4

Franjas Horarias (datos extraídos mediante las herramientas, 2019)

Jornada	Horario	Franjas
Matutina	07:00 a 14:00	07:15 09:15
		09:30 11:30
		12:00 14:00
Vespertina y Nocturna	15:00 a 21:30	15:00 17:00
		17:15 19:15
		19:30 21:30

Nota: Esta tabla contiene la información de las jornadas académicas y sus horarios.

Cada jornada tiene un total de 3 franjas horarias de 120 minutos consecutivos; con recesos de 15 minutos.

La información listada permitió conocer los elementos que son parte del proceso de asignación de aulas actual y poder iniciar la MD con el análisis estadístico que permitirá determinar las variables y los patrones de comportamiento.

Basados en los pasos del proceso de la MD, se han completado los cuatro primeros y como resultado se han obtenido archivos organizados y clasificados para tener toda la información completa y centralizada. La información fue depurada y tratada a fin de obtener datos

consistentes y útiles para el análisis e identificación de variables, inclusive se ha descartado cierta información que no era relacionada con el estudio.

Minería de datos

Aplicando las técnicas descriptivas de análisis exploratorio ha sido realizada la interpretación de los datos y se encuentra que en la IES en el periodo 201811 registró un total de 647 asignaturas pertenecientes a los 10 departamentos, las cuales están distribuidas en 183 aulas asignadas en distintas franjas horarias que permitieron cubrir la demanda académica de los 6557 estudiantes matriculados.

Una observación relevante que se obtuvo al realizar la comprensión de los datos fue que a pesar de existir franjas horarias establecidas dentro del estatuto de la IES; en los datos analizados se pudo identificar que existen alrededor de 170 registros diferentes para los horarios de inicio y fin; aplicando técnicas de clasificación sobre esta información se llegó a obtener un total de 79 diferentes tipos de horarios registrados en el sistema, como lo muestra la Tabla 5.

Tabla 5

Muestra Franjas Horarias Identificadas

Franja Horaria	Número Aulas por Estado de Uso			
	Optimo	Sobrepoblado	Subutilizado	Total general
715-915	160	201	350	711
730-930		49	226	275
930-1130	17	163	493	673
945-1145	17		278	295
1200-1400	250	581	938	1769

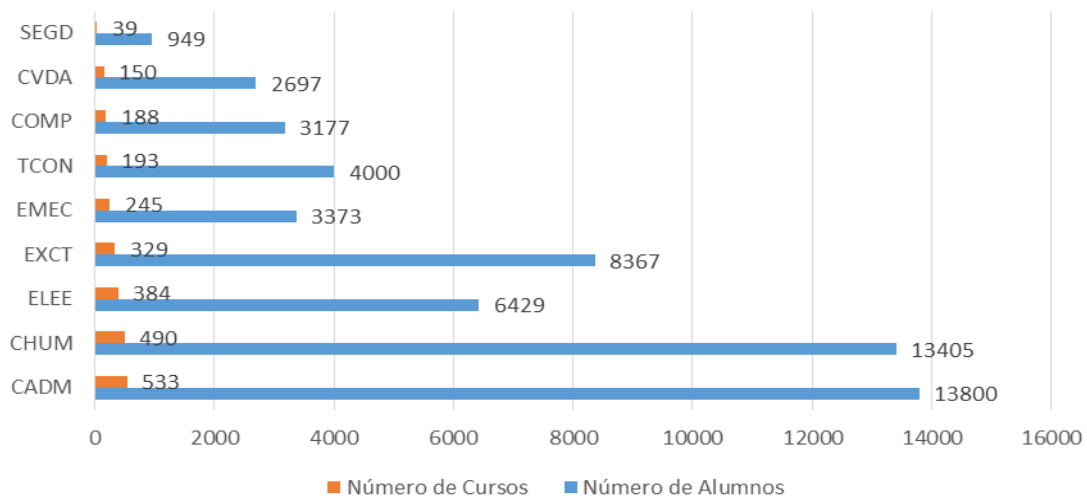
Franja Horaria	Optimo	Sobrepoblado	Subutilizado	Total general
1500-1659			32	32
1500-1700	421	862	2319	3602
945-1130			29	29
1400-1600			41	41
1700-1900	574	854	1737	3165
1715-2130			54	54
1930-2130	463	587	1943	2993
715-1130		24	102	126
730-1145			20	20

Nota: La tabla muestra la información de los tipos de horarios registrados en el sistema obtenidos mediante la aplicación de técnicas de clasificación.

De los registros obtenidos dentro de los 10 departamentos se detecta que el personal responsable de la planificación de cada departamento creó 2551 NRC's (Número Real de Curso), que son los paralelos establecidos para cada asignatura en el sistema de gestión académica, donde al contrarrestar el número de NRC's creados contra el número de estudiantes registrados en cada departamento obtenemos que la mayor población estudiantil se encuentra en los departamentos de Ciencias Administrativas, Ciencias Humanas y Ciencias Exactas siendo también los departamentos que mayor número de cursos crean y por ende los que demandan mayor número de aulas; como se muestra en la Figura 10.

Figura 10

Número real de cursos (NRC's) creados y alumnos registrados por dpto.

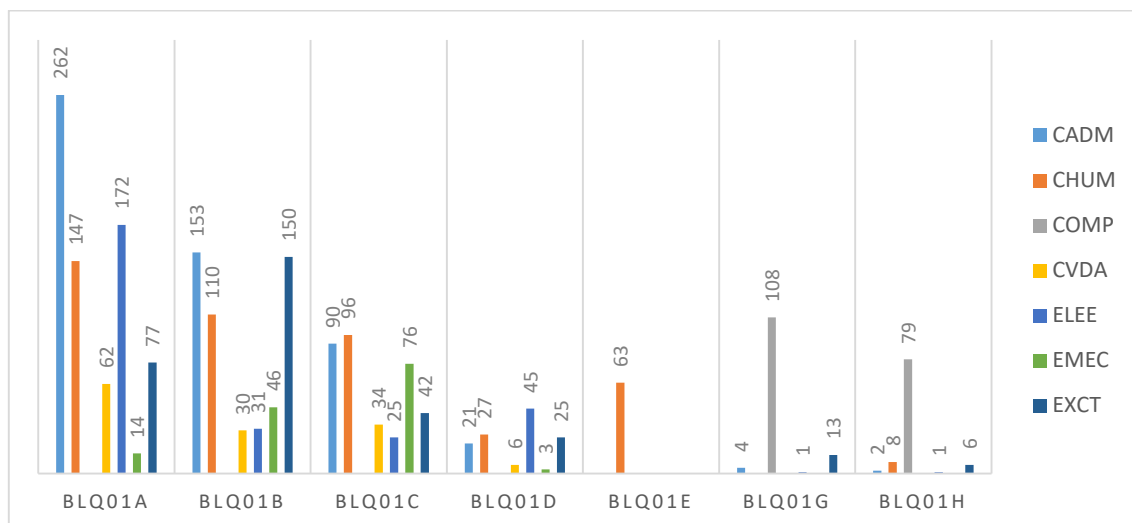


Nota: La figura muestra el número de cursos y número de estudiantes de los departamentos visualizando de esta manera la demanda de aulas.

Se realiza el análisis de la cantidad de aulas ocupadas por bloque que hizo uso cada uno de los departamentos y se lo muestra en la Figura 11. Esta identifica el número de aulas utilizada por bloque de cada departamento; así por ejemplo el Departamento de Ciencias Humanas ocupó 6 de los 7 bloques con un número promedio de uso de 60 aulas por bloque; seguido del departamento de Ciencias Administrativas con un uso de 4 de los 7 bloques en el que ocupó un promedio de 40 aulas.

Figura 11

Promedio de uso de aulas por bloque

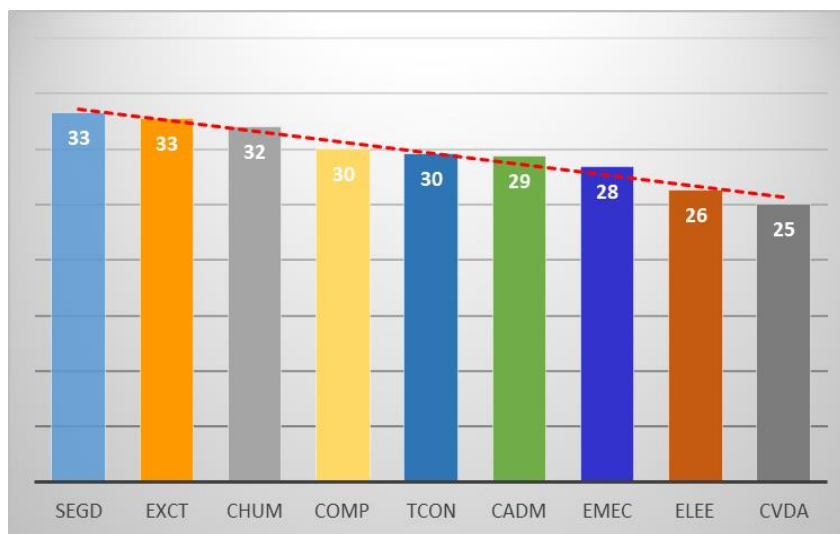


Nota: La figura muestra el promedio de uso de aulas por bloque y por departamento mostrando el mayor uso en Ciencias Administrativas, Ciencias Humanas y Ciencias de la Computación.

De estos datos se pudo mostrar también la capacidad promedio que cada aula requería para cada departamento; así en el departamento de Ciencias Humanas el número promedio de alumnos que requería cada aula era de 32 alumnos, como se puede observar en la Figura 12.

Figura 12

Promedio capacidad de aulas

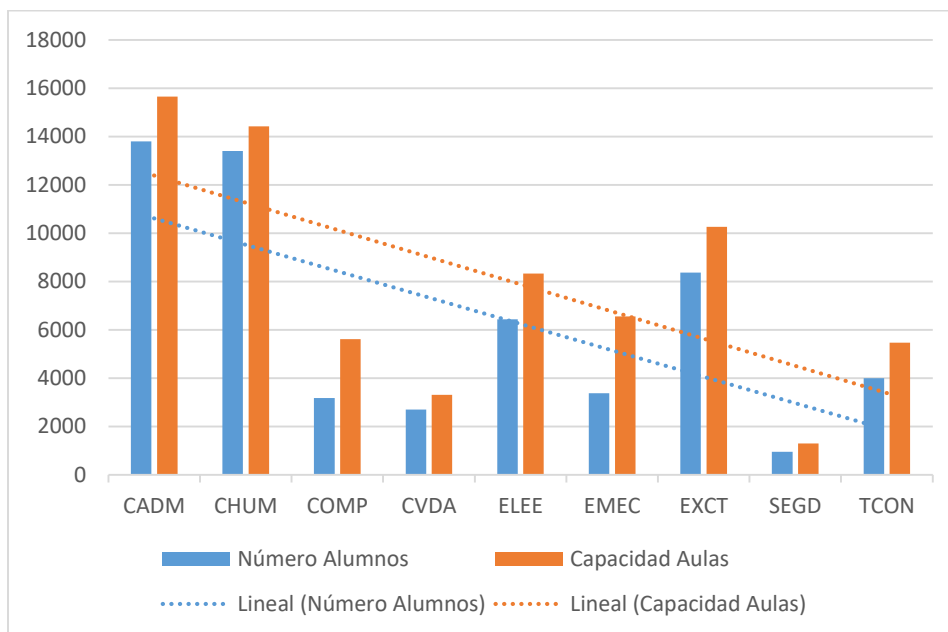


Nota: La figura muestra la capacidad promedio que cada aula requiere para cada departamento.

De los registros obtenidos; se establece la relación entre la capacidad de aulas asignada frente al número de estudiantes registrados en los cursos creados para las asignaturas que los distintos departamentos mantienen como lo muestra la Figura 13 en la que se observa que la capacidad de las aulas asignadas sobrepasa al número de estudiantes registrados.

Figura 13

Número de alumnos versus capacidad del aula



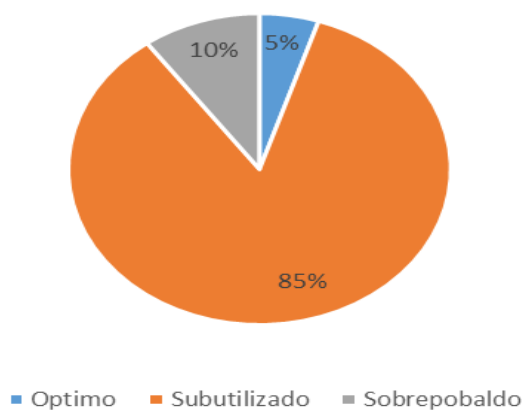
Nota: La figura muestra la capacidad de aulas asignada frente al número de estudiantes registrados en los cursos creados en los distintos departamentos y se observa que la capacidad de las aulas asignadas sobrepasa al número de estudiantes registrados

Se inicia el análisis estadístico de la capacidad de aulas utilizando el método exploratorio, para el cual se comparó el número de estudiantes registrados con la capacidad de las aulas asignadas, y se han establecido 3 tipos de estado para la asignación de aulas:

- **Optimo:** indica que el número de estudiantes es igual o mayor al 80% de la capacidad que posee el aula.
- **Subutilizada:** cuando la cantidad de estudiantes asignados es menor al 80% de la capacidad del aula;
- **Sobrepoblado:** cuando el número de estudiantes es mayor a la capacidad del aula asignada

Figura 14

Estado general de asignación de aulas.

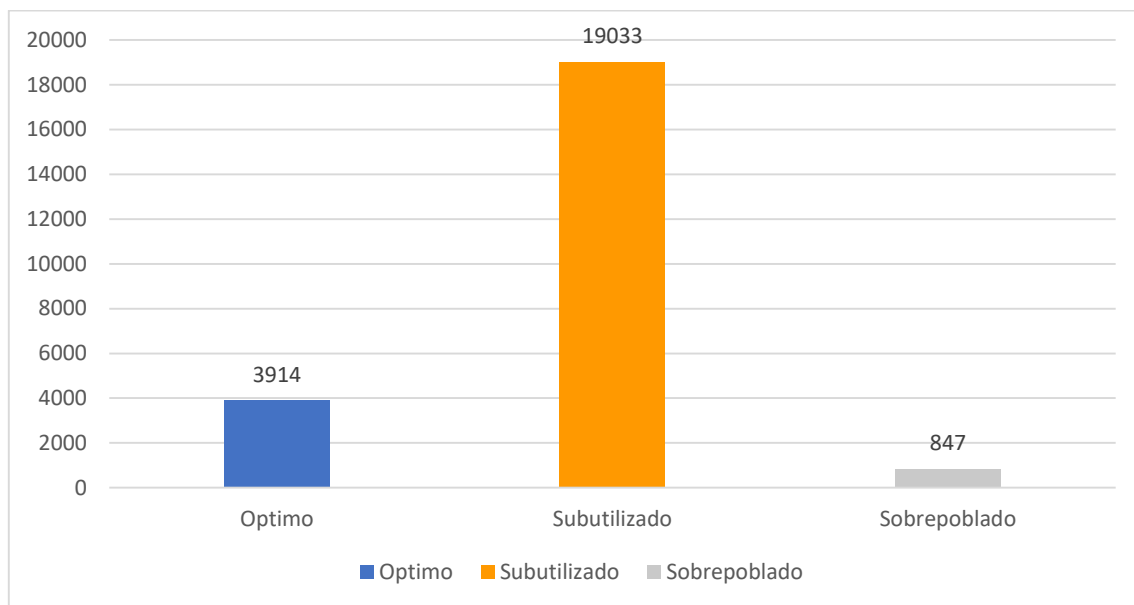


Nota: La figura muestra el estado general de asignación de aulas, mostrando un alto porcentaje de subutilización.

La Figura 14, muestra que en general el 85% de aulas se encuentra subutilizado; lo que nos obliga a realizar el análisis de la capacidad física general de aulas en la IES; en la que la capacidad del aula hace referencia al número de puestos que posee para uso del estudiante, teniendo un total de 24000 puestos aproximadamente; del cual 19033 se encuentra subutilizados.

Figura 15

Análisis de la capacidad vs utilización

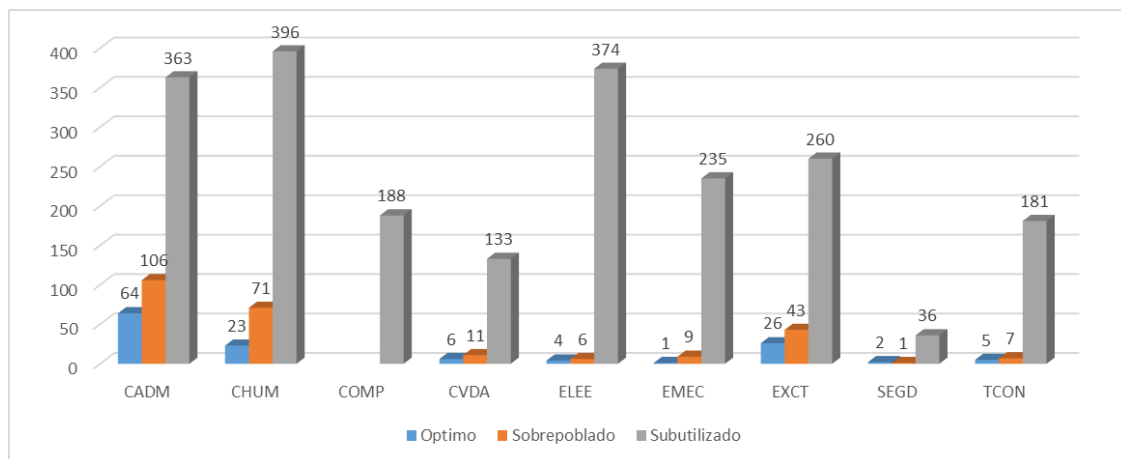


Nota: La figura muestra en general que el 85% de aulas se encuentra subutilizado

A fin de evidenciar el estado general de la asignación de aulas por cada departamento, la Figura 15 muestra de forma general que el comportamiento de uso de la capacidad se mantiene subutilizada.

Figura 16

Análisis de la distribución asignación de aulas por departamento



Nota: La figura muestra Análisis de la distribución asignación de aulas por departamento

Para mostrar de mejor manera el comportamiento que tiene la asignación de aulas, se han analizado tres departamentos que proveen a 16 carreras, en razón de que contienen la mayor población estudiantil, así como el mayor número de asignaturas.

Cabe señalar que la IES se encuentra organizada de manera departamental; por lo que las carreras hacen uso de las diferentes asignaturas y docentes que tienen los departamentos; por lo que el análisis esta realizado por departamentos.

Análisis de la capacidad física utilizada por Departamento

Han sido analizados tres de los departamentos de Ciencias Administrativas, Ciencias Humanas y Ciencias Exactas ya que tienen mayor porcentaje de subutilización de recursos físicos (aulas).

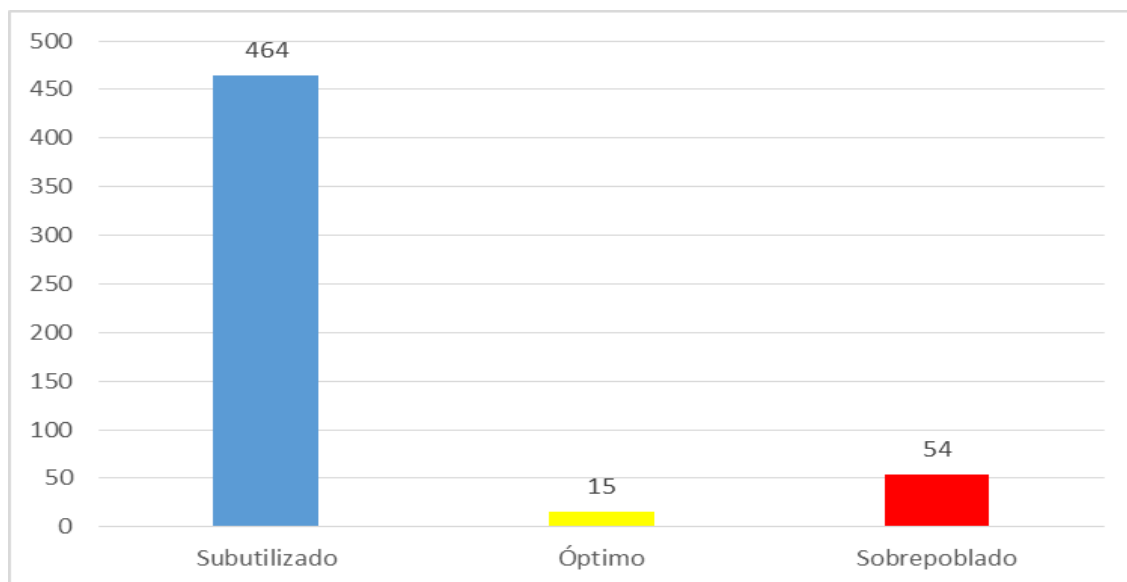
1. Departamento de Ciencias Administrativas

Durante el periodo 201811, este departamento registra 2467 estudiantes matriculados, los cuales estuvieron distribuidos en 158 Asignaturas para las cuales se asignaron un total de 533 aulas, pertenecientes a las 33 carreras siendo 12 de tipo administrativo.

La Figura 17 muestra el estado de uso de aulas con el detalle de número de puestos utilizados.

Figura 17

Estado asignación de aulas Ciencias Administrativas



Nota: La figura muestra el estado asignación de aulas en Ciencias Administrativas indicando un alto número de capacidad de aula subutilizada.

La tabla 6 muestra el análisis realizado en la cual se observa los datos tomados en consideración para determinar el estado de uso de la capacidad de las aulas asignadas a este departamento.

Tabla 6

Análisis Dpto. de Ciencias Administrativas

Estado	Número de Asignaturas	Número Aulas	%
Subutilizado	137	464	87
Óptimo	6	15	4
Sobrepoblado	15	54	9
	158	533	100

Nota: La tabla muestra información de la capacidad de las aulas asignadas al departamento de Ciencias económicas y el estado en base a la ocupación de sus puestos, de acuerdo al número de estudiantes matriculados en los periodos académicos del estudio.

De lo descrito; se pudo identificar que, de 158 aulas asignadas a este departamento, 137 que corresponden al 87% de aulas asignadas se encuentran subutilizadas, el 10% sobrepobladas y únicamente el 4% con una asignación óptima.

En consecuencia, este departamento muestra 2091 puestos subutilizados en todas las asignaturas analizadas.

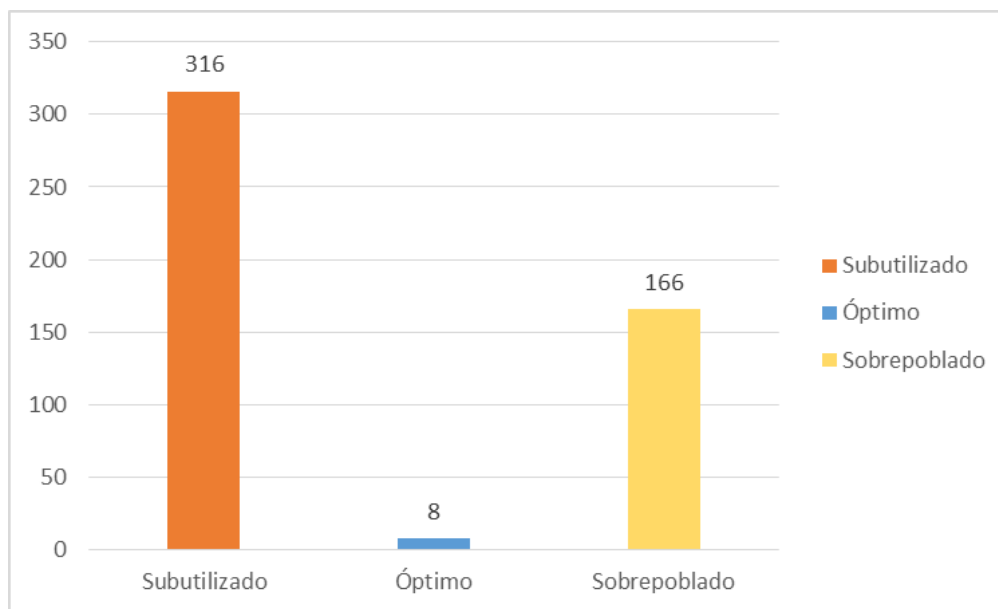
2. Departamento de Ciencias Humanas

Durante el periodo 201811, este departamento registra 780 estudiantes matriculados, los cuales estuvieron distribuidos en 112 Asignaturas para las cuales se asignaron un total de 490 aulas, pertenecientes a las 33 carreras siendo 4 de tipo humanístico.

La Figura 18 muestra el estado de uso de aulas con el detalle de número de puestos utilizados.

Figura 18

Estado de asignación de aulas Ciencias Humanas



Nota: La figura muestra el estado asignación de aulas en Ciencias Humanas indicando un alto número de capacidad de aula subutilizada.

La tabla 7 muestra el análisis realizado en la cual se observa los datos tomados en consideración para determinar el estado de uso de la capacidad de las aulas asignadas a este departamento.

Tabla 7

Análisis Dpto. Ciencias Humanas

Estado	Número de Asignaturas	Número Aulas	Número Puestos	%
Subutilizado	66	316	2701	64
Óptimo	5	8	692	2
Sobrepoblado	41	166	378	34
Total	112	490	3771	100

Nota: La tabla muestra información de la capacidad de las aulas asignadas al departamento de Ciencias económicas y el estado en base a la ocupación de sus puestos, de acuerdo al número de estudiantes matriculados en los periodos académicos del estudio.

De lo descrito; se pudo identificar que el 64% de aulas asignadas se encuentran subutilizadas, el 34% sobrepobladas y únicamente el 2% con una asignación óptima.

En consecuencia, este departamento muestra 2701 puestos subutilizados en todas las asignaturas analizadas.

3. Departamento de Ciencias Exactas

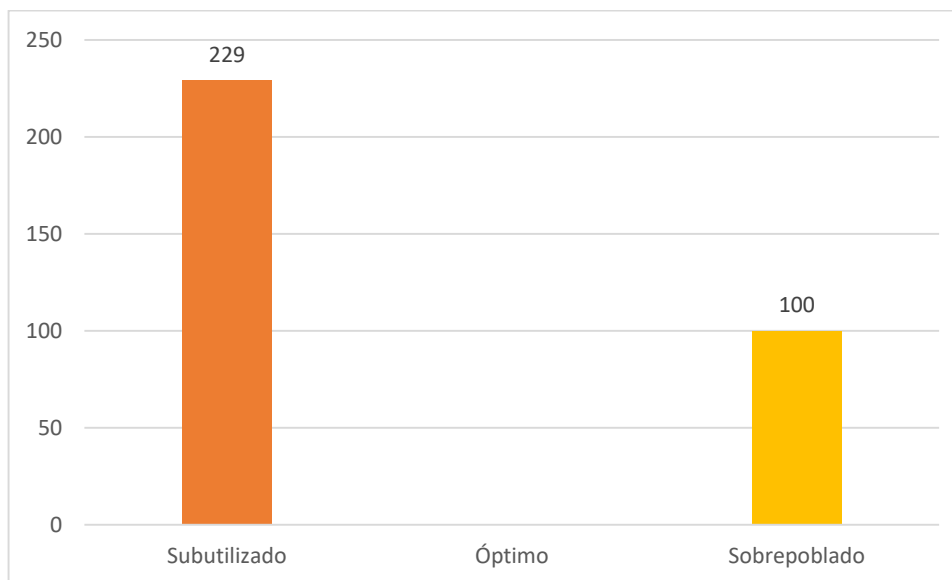
Durante el periodo 201811 registra 44 Asignaturas con 329 aulas asignadas para un total de 6557 estudiantes.

Durante el periodo 201811, este departamento registra 6557 estudiantes matriculados, los cuales estuvieron distribuidos en 44 Asignaturas para las cuales se asignaron un total de 329 aulas, pertenecientes a las 33 carreras.

La Figura 19 muestra el estado de uso de aulas con el detalle de número de puestos utilizados.

Figura 19

Estado asignación de aulas Dpto. Ciencias Exactas



Nota: La figura muestra el estado de uso de aulas con el detalle de número de puestos utilizados en el departamento de Ciencias exactas, indicando un total de 229 puestos subutilizados.

La tabla 8 muestra el análisis realizado en la cual se observan los datos tomados en consideración para determinar el estado de uso de la capacidad de las aulas asignadas a este departamento.

Tabla 8

Análisis Dpto. Ciencias Exactas

Estado	Número de Asignaturas	Número Aulas	Número Puestos	%
Subutilizado	32	229	2275	70
Óptimo	0	0	873	0
Sobrepoblado	12	100	171	30
Total	44	329	3319	100

Nota: La tabla muestra información de la capacidad de las aulas asignadas al departamento de Ciencias Exactas y el estado en base a la ocupación de sus puestos, de acuerdo al número de estudiantes matriculados en los periodos académicos del estudio.

De lo descrito; se pudo identificar mediante el análisis que el 70% de aulas asignadas se encuentran subutilizadas, el 30% sobrepobladas y ninguna con una asignación óptima.

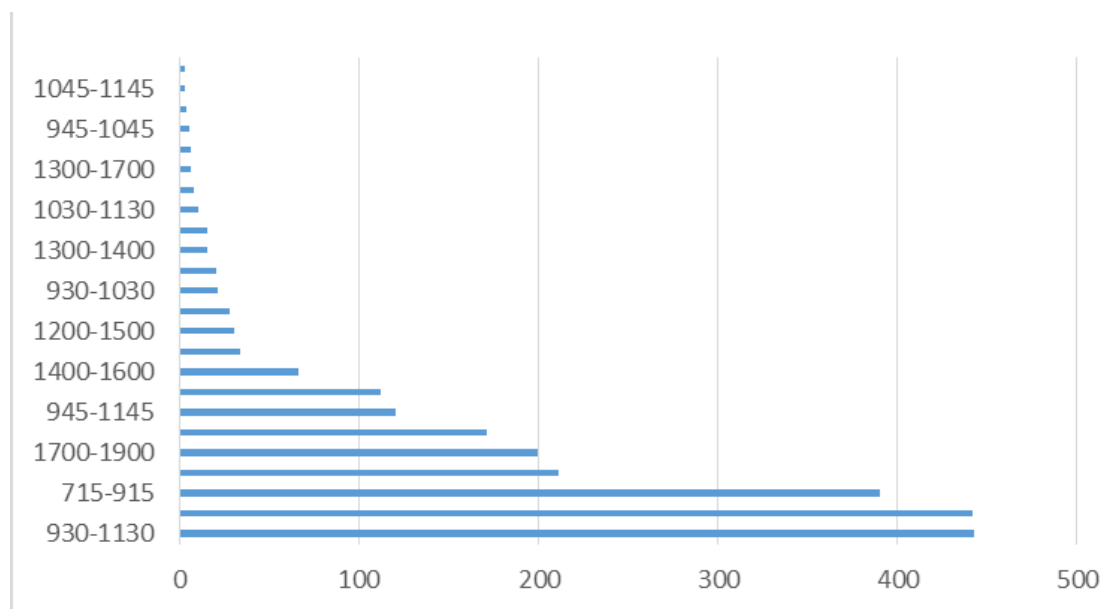
En consecuencia, este departamento muestra 2275 puestos subutilizados en todas las asignaturas.

Análisis de la utilización de aulas por franja horaria

Del análisis de los datos obtenidos y los horarios registrados en el sistema se han tomado como referencia 13 franjas horarias en las que se desarrollan la mayoría de actividades académicas y poseen el mayor número de NRC's y alumnos.

Figura 20

Horarios con mayor carga académica



Nota: La tabla muestra información de la aplicación del método Tukey sobre los datos recopilados y por el cual se demuestra la subutilización de aulas en los horarios descritos.

Utilizando el criterio de TUKEY, podemos encontrar que el 45% de aulas subutilizadas tienen diferencia significativa en el número de estudiantes que ocupan las aulas en los horarios analizados.

Del análisis realizado al estado de utilización de las aulas respecto de su capacidad y horarios se determinó que no se ocupa correctamente la capacidad de aula, lo cual nos permite establecer que la IES posee un problema de Subutilización de su espacio físico (aulas).

Evaluación de patrones

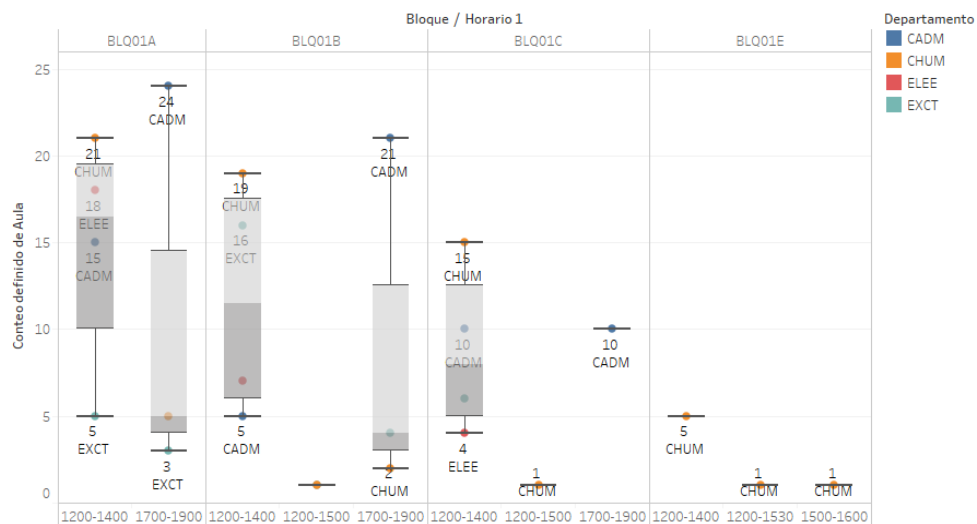
El proceso de asignación de aulas en la IES actualmente se realiza manualmente, estimando los recursos como mejor parece ajustarse; del análisis realizado se pudo identificar que existe subutilización de la capacidad de las aulas y se debe a que:

1. El sistema académico permite el ingreso manual de horarios de inicio y fin para las asignaturas, así como también la asignación del aula sin verificar su capacidad respecto del número de estudiantes registrados o matriculados en el NRC.
2. El número de créditos de los NRC's no se ajusta a las franjas horarias establecidas en el reglamento.
3. El proceso actual de asignación de aulas mantiene un alto número de cursos creados, cruce de horario y falta de aulas para atender requerimientos.

En el análisis llevado a cabo al proceso de asignación de aulas de la IES, se encontraron algunos patrones de comportamiento:

Figura 21

Patrón de comportamiento por horarios



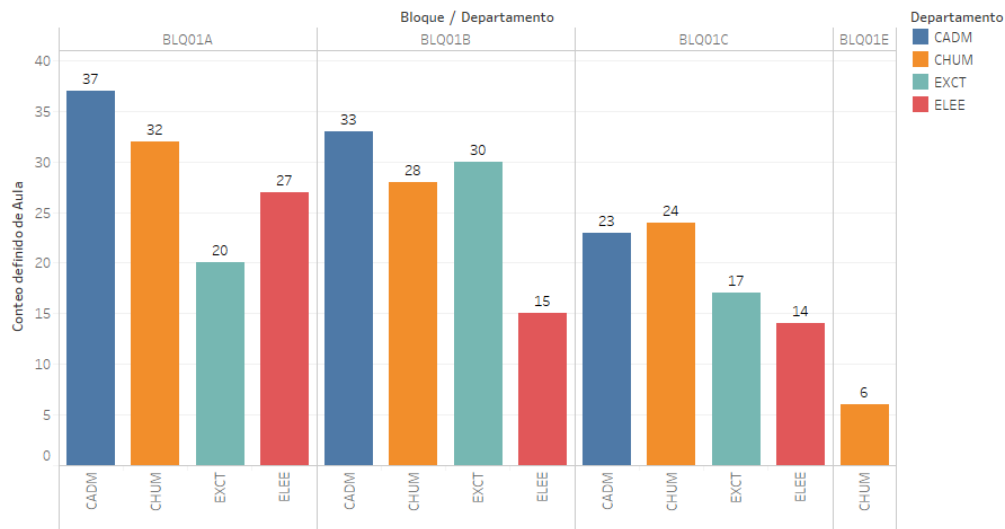
Nota: La figura muestra el valor de subutilización para los departamentos por bloque de aulas y horario.

Del análisis desarrollado para los horarios, la Figura 20 muestra que el mayor valor de subutilización para los departamentos de Ciencias Administrativas, Ciencias Humanas, Eléctrica y electrónica; y Ciencias Exactas en los bloques A y B en los siguientes horarios:

- De 12 a 15 horas
- De 15 a 16 horas
- De 17 a 19 horas

Figura 22

Patrón de comportamiento uso de aulas por bloque



Nota: La figura muestra el estado de la utilización de puestos de cada departamento por bloque.

Del análisis del estado de aulas para cada departamento, el mayor número de puestos subutilizados se concentra en el Bloque A, Bloque B y Bloque C; como lo muestra la Figura 21; bloques en los que se concentran las aulas que poseen una capacidad de 34 puestos y son de uso general durante todos los horarios analizados.

Presentación del conocimiento

En base a los resultados obtenidos en la evaluación de los patrones de comportamiento encontrados, se propone como solución:

1. Definir variables que permitan realizar una asignación adecuada las mismas que en base al análisis realizado son: Grupos de Estudiantes, Aulas claramente definidas en su tipo y capacidad, así como Horarios y personal Docente establecidos para cada Asignatura.

A continuación, se describen las variables y los parámetros que estas deben poseer para mejorar el proceso de asignación de aulas.

a. Grupos de estudiantes (NRC's): Con el fin de garantizar el punto de equilibrio del presupuesto y que el curso no se dicte a pérdida es necesario exigir que los grupos asignados a las aulas deben tener un número mínimo de 14 estudiantes y máxima de 34, cuyo valor mínimo se deriva del Instructivo de Asignación de Aulas y el valor máximo se deriva del valor máximo de capacidad que poseen las aulas registradas dentro de los datos analizados. Pueden dictarse en cualquier aula mientras cumpla los requisitos necesarios, tales como la capacidad y el tipo de aula.

Para conocer los grupos que deben abrirse por cada materia, se deben realizar análisis estadísticos (implementar una aplicación) para realizar una proyección del número de aulas y la capacidad de cada una en relación al número de alumnos que reprobaban y aprueban las diferentes asignaturas en las que se encuentran matriculados.

b. Aulas: Mantener actualizado el inventario de los espacios disponibles en cada aula, el bloque de ubicación y los recursos físicos y tecnológicos que posee.; mediante el registro del inventario de las aulas por bloque dentro del sistema académico.

c. Horarios: Como una de las variables más importantes es necesario definir las franjas horarias para lo cual proponemos franjas horarias de una hora de 60 minutos, que se distribuyan dentro del horario de 7:00 am a 21:00 pm asignadas a cada asignatura en función del número de créditos que deben cumplir según la normativa vigente.

d. Docentes: Al igual que los horarios, para la asignación efectiva de aulas los grupos de estudiantes, NRC's, deben tener asignado el docente que les corresponde, esto con el fin de hacer buen uso del espacio físico mediante la asignación de un aula concreta a la asignatura que posea el número de estudiantes dentro del rango, con docente y horario real registrado dentro del sistema académico.

2. Definir las condiciones que deben cumplir las variables detalladas y que específicamente debe cumplir con:

- En un aula solo puede haber un grupo a la vez
- Un NRC solo se puede programar en un aula del tipo adecuado y cuya capacidad sea del número que requiere el NRC.
- El docente no dicte clase a otro grupo en ese horario
- En el aula no haya más grupos programados a esa hora
- Existan suficientes estudiantes que puedan tomar la materia en ese horario
- El uso de aula sea lo más efectivo posible
- La capacidad del aula permita acoger al grupo asignado
- El aula sea del tipo requerido por el NRC.
- Para cada día de la semana el horario de clase disponible entre las 07:00 y 21:00 se dividirá en 14 franjas de una hora cada uno; así para cada día de la semana se determina un número de hora requerida para el uso de las aulas y cuya capacidad se optimiza asignando la misma aula en todos los días de la semana.
- Una vez definidas las reglas que deberán cumplir las variables identificadas para realizar la asignación de aulas, se propone al desarrollo del prototipo.

En adición a la presente propuesta, también para contribuir en la mejora del proceso actual de asignación de aulas, se ha planteado implementar un algoritmo genético, ya que se pretende seleccionar un orden de asignación automática para garantizar la disminución en el tiempo de ejecución.

La implementación de dicho algoritmo consistió en registrar los NRC's con la cantidad de estudiantes necesarios, aplicando los parámetros propuestos para optimizar la distribución de puestos en las aulas de la IES y satisfacer las restricciones y políticas de la misma.

Para realizar las pruebas de validación del prototipo se deberán utilizar datos reales de al menos dos departamentos y una muestra de 200 materias, ya que es necesario disponer datos de entrenamiento y test. El desarrollo del prototipo se describe en el Capítulo IV.

CAPÍTULO IV

DESARROLLO DEL PROTOTIPO

El presente capítulo se describen las fases del desarrollo del prototipo, el cual se basa en la metodología del prototipado rápido, y permitirá demostrar la validez de la propuesta.

Definición de especificaciones

Con el fin de cumplir con uno de los objetivos del presente trabajo de titulación, se ha diseñado y desarrollado un prototipo que permita asignar aulas de manera más óptima con el fin de disminuirla subutilización de la capacidad de las aulas. El prototipo ha sido denominado “Prototipo de un Sistema Recomendador para Asignación de Aulas (SIS-ASIG)”.

De acuerdo a los resultados obtenidos en el estudio y a la propuesta realizada se ha decidido implementar en el prototipo un algoritmo genético.

Los resultados esperados con la implementación del prototipo son: proponer varias opciones de asignación de aulas a los diferentes grupos creados para cada asignatura de los departamentos de Ciencias Exactas y Ciencias Humanas, departamentos en los que se ha determinado que contienen la mayor población estudiantil y por ende mayor demanda de recursos físicos; manteniendo los casos más representativos de subutilización de aulas en el análisis realizado.

Este prototipo asignará las aulas de manera automatizada, optimizando el tiempo y el uso de recursos. Además, como plan de mejora a futuro este prototipo podría ser parte del sistema de gestión académica de las IES y se deberían desarrollar reportes para contribuir en la toma de decisiones.

Diseño conceptual

En esta fase se diseñó el prototipo para la asignación de aulas en la IES.

a) Estructura de los Datos

El prototipo mantiene la siguiente estructura de los datos:

Tabla 10

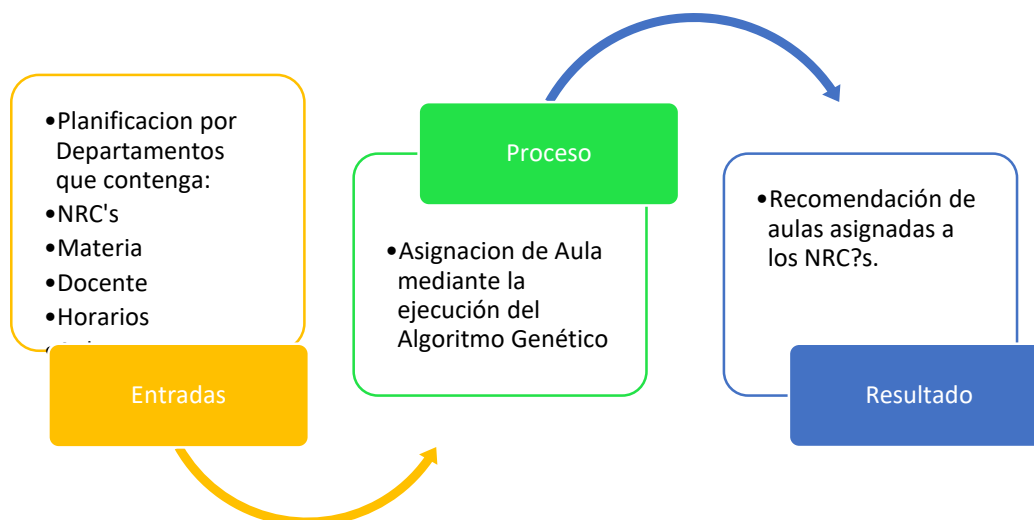
Estructura de Datos

Tabla	Campos	Descripción
NRC	Tipo_aula (ti)	Tipo de Aula
	Cupo_máximo(Ci)	Número de Estudiantes asignados al NRC.
	Nombre_Docente(pi)	Docente asignado al NRC.
	Horario(hgi)	Horario asignado
	Cod_Materia(Mi)	Código de la Materia
	Nombre_Materia (Mi)	Nombre de la Materia
Materia	Cod_Materia	Código de la Materia
	Nombre_Materia	Nombre de la Materia
	Horas_requeridas (ri)	Número de horas semanales
Docente	Horario (hpi)	Horario Asignado
	Cod_Docente(pi)	Código del Docente
	Nombre_Docente (pi)	Nombre del Docente asignado al NRC.
Aula	Cod_aula	Código del aula
	Desc_aula	Descripción del aula
	Tipo_aula (ti)	Tipo de aula: Aula, laboratorio.
	Horario (hai)	Horario asignado
	Capacidad (ci)	Número de puestos

Nota: La tabla muestra información de la estructura de los datos definida para el prototipo.

b) Arquitectura del Prototipo

El Prototipo mantiene el siguiente esquema de bloques:

Figura 23*Diagrama de bloque*

Nota: La figura muestra el diagrama de bloques del proceso de asignación de aulas que ejecuta el prototipo.

El personal funcional Planificador de cada departamento enviará una matriz con el detalle de los NRC's, Materias, Horarios y Docentes.

El prototipo permitirá cargar la información del inventario de aulas actualizado, la información de los NRC's, materias, horarios y docentes con lo cual procesará y realizará la asignación del aula más conveniente en base a la capacidad de la misma, mostrando como resultado las recomendaciones generadas; la misma que se validará y según criterio del profesional a cargo será aceptada esta información para registro en el sistema de gestión académica.

c) Detalle Procedimental

c.1) Descripción del Algoritmo

La planificación académica debe registrar los NRC's junto con el docente asignado a cada grupo y el horario, de tal manera que se cumplan las reglas de disponibilidad, basados en que el NRC no puede ser asignado más de una vez y solo debe ser asignado a un solo profesor. El aula a ser asignada debe tener el equipamiento adecuado para la materia y debe tener la capacidad suficiente para que cada estudiante matriculado disponga de un puesto.

Los elementos que permitirán programar el algoritmo son:

G = el conjunto de todos los grupos de estudiantes,

P = el conjunto de los profesores,

M = el conjunto de materias y

A = el conjunto de las aulas.

Cada grupo g_i tiene los siguientes atributos:

- Tipo de aula t_i : El tipo de aula en la que debe ser programado
- Cupo máximo C_i : Número de estudiantes que va a tener el grupo. Al seleccionar el aula, ésta debe cumplir no sólo con el tipo de aula, sino también que debe tener la capacidad para alojar el número de estudiantes matriculados.
- El profesor p_i : Es el profesor que va a dictar el grupo. El horario en que se programe el grupo debe ser compatible con el horario del profesor.
- Horario h_{gi} : Es una estructura que representa a qué hora puede ser programado el curso y se construye registrando los horarios de disponibilidad del profesor y el tipo de aula.

- **MateriaMi:** Cada grupo tiene asociado una materia que es la que va a ser dictada por el profesor pi (esta es programada cuando se crea el grupo) es necesario incorporar la información del registro de las materias que van a ser impartidas en el semestre siguiente a los estudiantes, como insumo para la planificación.

En cada materia Mi se programa:

- **Horas requeridas ri:** el número de horas que deben ser programadas semanalmente para que un grupo pueda recibir clase.

Para cada profesor pi se tiene:

- **Horario hpi:** El cual refleja la disponibilidad horaria, es decir cuáles son las horas que tiene disponibles para dictar clase a la semana. El horario se va modificando a medida que al profesor se le programan grupos.

Para cada aula ai se tiene:

- **Tipo de aula ti:** Las aulas se clasifican dependiendo de los recursos que tengan. Para efectos de la planificación, las aulas que tienen las mismas características se agrupan bajo un mismo tipo de aula
- **Horario hai:** La hora en las que el aula no está ocupada y puede ser programada. Este horario cambia a medida que se programan grupos en el aula
- **Capacidad ci:** La capacidad máxima del aula, es decir, el número máximo de alumnos que pueden ver una materia en ella.

En el caso de la IES, una materia ofrece varios NRC's (grupos) por lo que la planificación se realiza por grupos dentro del sistema académico, siendo importante obtener el registro de la información de materias y docentes con el fin de garantizar a cada estudiante encontrar

asignada el aula y horario en el que pueda registrar su matrícula en todas las materias requeridas.

Teniendo establecidos los datos anteriores se procede a asignar las aulas teniendo en cuenta el número de alumnos que las materias tienen asignados, la capacidad del aula y el tipo adecuado; para poder realizar correctamente la asignación, se debe de tener en cuenta lo siguiente:

Restricciones duras:

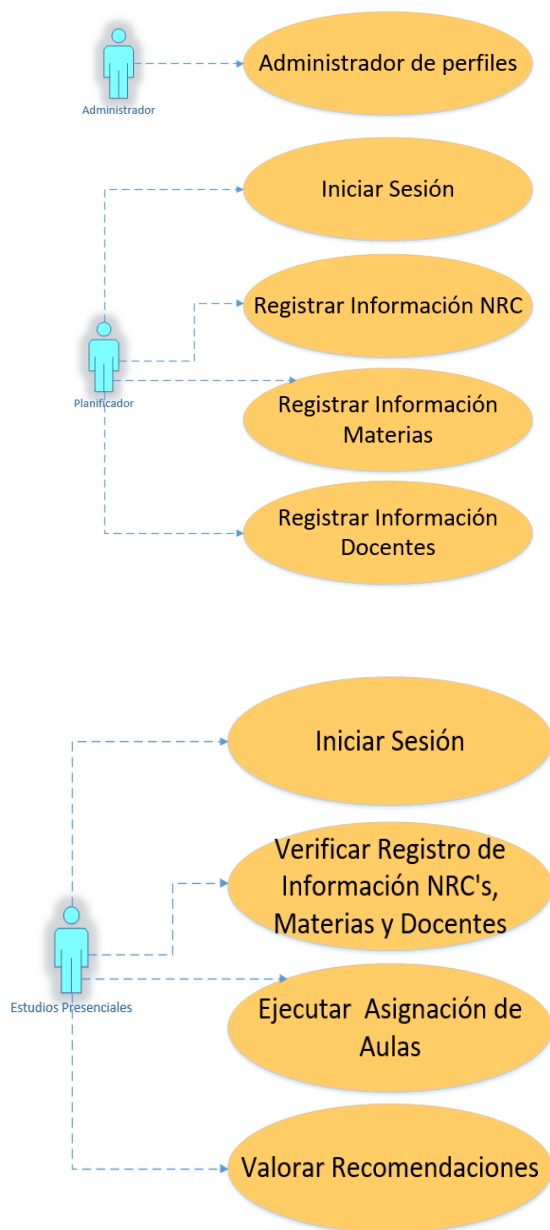
- El profesor no debe dictar clase a otro grupo en el mismo horario
- En el aula no haya más grupos programados a esa hora
- Un grupo solo puede ser programado en un horario
- En un aula no se puede asignar más alumnos que la capacidad que esta posee.
- Un NRC tiene un número de horas a la semana para ser dictada.
- Los grupos solo pueden ser programadas en horario de 7:00 am a 9:30 pm

Restricciones blandas:

- Los horarios de las sesiones de clase no deben exceder las dos horas
- Los horarios de los grupos deben ajustarse, en lo posible, a la estructura de franjas que maneja la IES. La política es que las sesiones de clase queden distribuidas a lo largo de la semana.

c.2) Diagrama de casos de uso

Se elaboró el diagrama de casos de uso para mostrar de manera gráfica los actores y procedimientos que intervienen en el funcionamiento del prototipo.

Figura 24*Diagrama de Casos de Uso*

Nota: La figura muestra de manera gráfica los actores y procedimientos que intervienen en el funcionamiento del prototipo.

A continuación, se describen los casos de uso:

Tabla 11*Descripción caso de uso 1*

Descripción del caso de uso	
Nombre	Administrar perfiles
Descripción	Permite al actor con perfil administrador, crear y eliminar perfiles o roles para interacción con el portal web.

Nota: La tabla muestra la descripción del caso de uso de Administrar perfiles.

Tabla 12*Descripción caso de uso 2*

Descripción del caso de uso	
Nombre	Iniciar sesión
Descripción	Permite al actor con perfil planificador y que se haya registrado previamente, ingresar sesión en prototipo para ver, modificar e ingresar sus datos.

Nota: La tabla muestra la descripción del caso de uso de Inicio de sesión

Tabla 13*Descripción caso de uso 3*

Descripción del caso de uso	
Nombre	Registrar información NRC
Descripción	Permite al actor con perfil planificador ingresar la información de NRC's en el prototipo, siempre y cuando haya iniciado sesión en el portal previamente.

Nota: La tabla muestra la descripción del caso de uso de registro de información del NRC.

Tabla 14*Descripción caso de uso 4*

Descripción del caso de uso	
Nombre	Registrar información Materias
Descripción	Permite al actor con perfil planificador ingresar la información de Materias en el prototipo, siempre y cuando haya iniciado sesión en el portal previamente.

Nota: La tabla muestra la descripción del caso de uso de Registro de información de materias.

Tabla 15*Descripción caso de uso 5*

Descripción del caso de uso	
Nombre	Registrar información Docentes
Descripción	Permite al actor con perfil planificador ingresar la información de Docentes en el prototipo, siempre y cuando haya iniciado sesión en el portal previamente.

Nota: La tabla muestra la descripción del caso de uso de registro de información de los docentes.

Tabla 16*Descripción caso de uso 6*

Descripción del caso de uso	
Nombre	Verificar información registrada
Descripción	Permite al actor con perfil Analista de Estudios Presenciales verificar /observar la información ingresada de NRC's, Materias, Docentes y Aulas en el prototipo, siempre y cuando haya iniciado sesión en el portal previamente.

Nota: La tabla muestra la descripción del caso de uso para la verificación de la información registrada.

Tabla 17

Descripción caso de uso 7

Descripción del caso de uso	
Nombre	Ejecutar Asignación de Aulas
Descripción	Permite al actor con perfil Analista de Estudios Presenciales ejecutar el prototipo para generar la recomendación de asignación de aulas Permite al algoritmo genético hacer uso de la información ingresada y generar la recomendación.

Nota: La tabla muestra la descripción del caso de uso para la asignación de aulas automático que ejecuta el algoritmo y muestra la recomendación.

Tabla 18

Descripción caso de uso 8

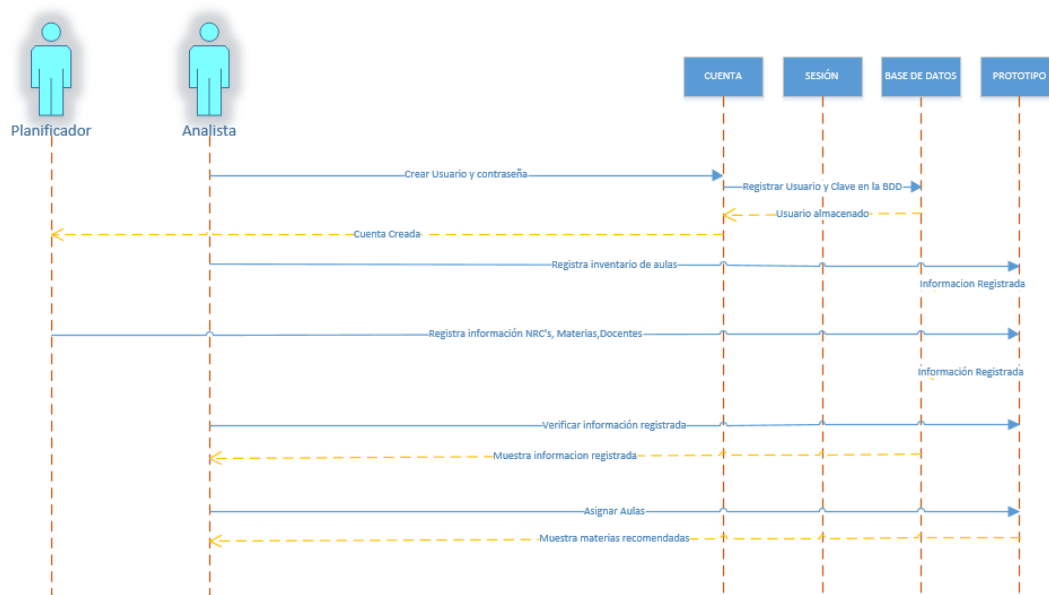
Descripción del caso de uso	
Nombre	Valorar Recomendaciones
Descripción	Permite al actor con perfil Analista de Estudios Presenciales observar las recomendaciones y valorara para su registro.

Nota: La tabla muestra la descripción del caso de uso que muestra la recomendación generada por el prototipo.

c.3) Diagrama de secuencia

Figura 25

Diagrama de Secuencias



Nota: La figura muestra el diagrama de secuencias del proceso de asignación de aulas y sus actores.

d) Diseño de la Interfaz

El diseño de interfaces que se realizó para el prototipo, consta de lo siguiente:

Interfaz inicial del Prototipo

Corresponde a la interfaz de presentación del prototipo

Figura 26

Interfaz de presentación del prototipo



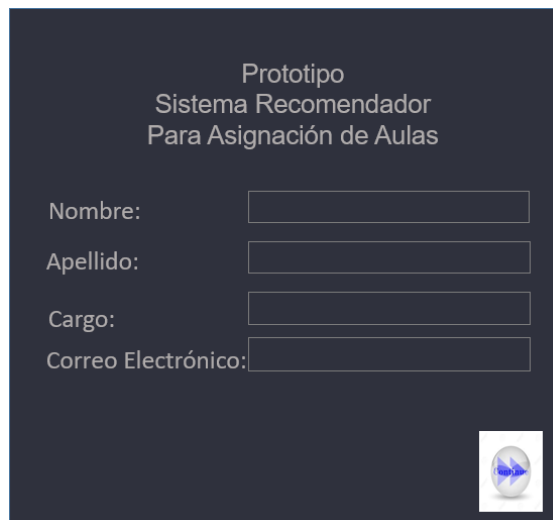
Nota: La figura muestra la interfaz de inicio del prototipo.

Interfaz de registro e ingreso del Prototipo

El prototipo tendrá dos tipos de usuarios:

El Administrador que será el analista de la unidad académica de gestión, y utilizará la interfaz que permite crear usuarios, iniciar sesión y resetear contraseñas de usuarios existentes dentro del prototipo.

Usuario, que será el planificador académico de los departamentos; y utilizará la interfaz que permita subir la información referente a los NRC's, docentes y horarios establecidos para poder ejecutar el algoritmo genético dentro del prototipo.

Figura 27*Interfaz Registro*


Prototipo
Sistema Recomendador
Para Asignación de Aulas

Nombre:

Apellido:

Cargo:

Correo Electrónico:



Nota: La figura muestra la interfaz para el registro de datos del personal que hará uso del prototipo.

Interfaz de inicio de sesión del prototipo

Esta interfaz se mostrará una vez que el usuario haya iniciado sesión, y tiene dos interfaces una para el administrador y otra para el planificador.

Figura 28*Interfaz de Inicio de Sesión*

Inicio de
Sesión

Usuario:

Clave

[Olvidé mi Clave](#)

Ingresar

[Registrarse por primera vez](#)

Nota: La figura muestra la interfaz de inicio de sesión.

Interfaz de registro de información

Para los usuarios con perfil planificador, se habilitarán varias pantallas que permitirán el ingreso de datos clasificados por tipo de información como, por ejemplo: datos del NRC, datos de las materias y datos de los docentes.

Figura 29

Interfaz registro de información académica

Prototipo
Sistema Recomendador
Para Asignación de Aulas
Registro Información Académica

PERIODO	NRC	DOCENTE	HORARIO	NUMERO DE MATRICULADOS
QUIMICA PARA INGENIEROS	5263	AGUIRRE YELA VLADIMIR ALEXANDER	LUN 09:30-11:30	15
QUIMICA PARA INGENIEROS	2195	AGUIRRE YELA VLADIMIR ALEXANDER	LUN 07:15-09:15	25
QUIMICA PARA INGENIEROS	2196	AGUIRRE YELA VLADIMIR ALEXANDER	LUN 07:15-09:15	32
ECUACIONES DIFERENCIALES ORDINARIAS	2251	ALVEAR VARGAS MARCO ANTONIO	LUN 12:00-14:00	32
CÁLCULO VECTORIAL	2765	ALVEAR VARGAS MARCO ANTONIO	LUN 07:15-09:15	34
CÁLCULO VECTORIAL	3317	ANDRADE TORRES LUIS DAVID	LUN 09:30-11:30	20
CÁLCULO VECTORIAL	2764	ANDRADE TORRES LUIS DAVID	LUN 12:00-14:00	19
ESTADISTICA	2754	BALSECA CARRERA CARLOS EUGENIO	LUN 12:00-14:00	25



Cargar Archivo



Aceptar



Modificar

[Ver Registros Cargados](#)

Nota: La figura muestra la interfaz que permitirá ingresar la información de los NRC'S, docente horario y número de matriculados al prototipo.

Interfaz para la asignación de aula

Para los usuarios con perfil Analista, se mostrará una interfaz que permite la ejecución del algoritmo implementado, el cual mostrará el listado de aulas que se ajustan a la información de los NRC's, materias y docentes que se está evaluando.

Esta interfaz mostrará en la parte derecha el resultado del algoritmo genético donde se pueden apreciar las aulas recomendadas para lo NRC's registrados y un dato muy importante como es la cantidad de iteraciones que realizó el algoritmo para realizar la recomendación.

El usuario con perfil Analista podrá realizar las corridas que considere necesarias con el prototipo desarrollado, hasta que encuentre las más óptimas, es decir, la disminución de las aulas y puestos subutilizados.

Para visualizar las corridas realizadas el analista tiene que acceder a Historial de resultados, en la cual deberá hacer clic sobre el NRC que desea consultar.

Figura 30

Interfaz asignación de aula

Prototipo
Sistema Recomendador
Para Asignación de Aulas
Asignación de Aula

PERIODO	NRC	DOCENTE	HORARIO	NÚMERO DE MATRICULADOS
QUIMICA PARA INGENIEROS	5263	AGUIRRE YELA VLADIMIR ALEXANDER	LUN 09:30-11:30	15
QUIMICA PARA INGENIEROS	2195	AGUIRRE YELA VLADIMIR ALEXANDER	LUN 07:15-09:15	25
QUIMICA PARA INGENIEROS	2196	AGUIRRE YELA VLADIMIR ALEXANDER	LUN 07:15-09:15	32
ECUACIONES DIFERENCIALES ORDINARIAS	2251	ALVEAR VARGAS MARCO ANTONIO	LUN 12:00-14:00	32
CÁLCULO VECTORIAL	2765	ALVEAR VARGAS MARCO ANTONIO	LUN 07:15-09:15	34
CÁLCULO VECTORIAL	3317	ANDRADE TORRES LUIS DAVID	LUN 09:30-11:30	20
CÁLCULO VECTORIAL	2764	ANDRADE TORRES LUIS DAVID	LUN 12:00-14:00	19
ESTADISTICA	2754	BALSECA CARRERA CARLOS EUGENIO	LUN 12:00-14:00	25

Vista de Ejecución

```

Solution found in 1000 generations
Final solution fitness: 0.10000000000000000
Clashes: 5

CLASS 11
Module: QUIMICA ANALITICA
Group: 1
Room: A302
Professor: RAFLA ZINEZ ELENA DEL ROSARIO
Time: Tue 13:00 - 14:00


CLASS 21
Module: PROBABILIDAD Y ESTADISTICA TEC
Group: 204
Room: A304
Professor: GUEVARA VALLEJO PATRICIA EULALIA
Time: Wed 09:30 - 11:30

CLASS 31
Module: FISICA I (4.0)
Group: 318
Professor: HERNAN GAVILANEZ PEDRO ANGEL
Time: Wed 07:30 - 09:30


CLASS 41
Module: FISICA II PARA ELECTRONICA
Group: 3
Room: A304
Professor: RODAS BAZANA FEDERICO MAXIMILIANO
Time: Mon 07:15 - 09:15

CLASS 51
Module: METODOS NUMERICOS (4.0)
Group: 1
Room: A303


```




Ejecutar Asignación



Guardar



Exportar



Ver Historial

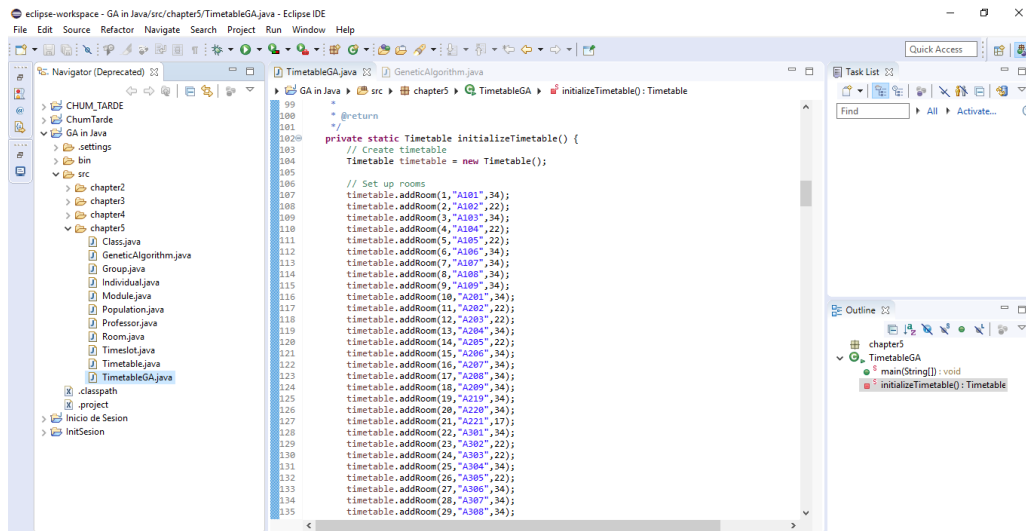
Nota: La figura muestra la interfaz en la que el prototipo ejecuta la asignación de aulas.

Desarrollo del prototipo

Se desarrolla el prototipo en el lenguaje de programación JAVA utilizando Eclipse como entorno y acorde a las buenas prácticas de programación siguiendo los lineamientos definidos en el diseño y tomando en consideración los requisitos funcionales y no funcionales. La Figura 31 muestra un extracto del código fuente desarrollado.

Figura 31

Desarrollo del prototipo



Nota: La figura muestra la interfaz de desarrollo en el que se realizó la programación del prototipo.

Pruebas del usuario

Esta fase de la metodología se detalla en el capítulo V, se muestran los resultados obtenidos en las pruebas con datos de ambiente real. Se validan los resultados y se busca comprobar que el prototipo realice la asignación de aulas correctamente y sobre todo que se logre la optimización de recursos físicos y de tiempo en el proceso de la asignación.

CAPÍTULO V

PRUEBAS Y RESULTADOS

En este capítulo se detallan las pruebas realizadas mediante la aplicación del prototipo desarrollado, y la validación de la información mediante la comparación de la asignación realizada en forma manual y los resultados obtenidos.

Pruebas

Para la ejecución de las pruebas se inicializaron las variables del prototipo con la información existente de la asignación realizada en el segundo periodo académico del año 2018 a los departamentos de Ciencias Humanas y Ciencias Exactas para poder ejecutar sobre estas variables la solución propuesta y posteriormente evaluar los resultados.

El prototipo desarrollado permite ejecutar el algoritmo genético obteniendo así la asignación de un aula a cada una de las asignaturas por una unidad de tiempo (una hora); y cuyo resultado muestra la recomendación generada por el algoritmo.

Lo que se espera obtener es el minimizar el número de puestos desocupados en las aulas asignadas, para lo que se evaluó los resultados mediante el cálculo de la diferencia entre la capacidad de aula que se asignó y el número de puestos ocupados.

A continuación, se muestran los resultados obtenidos de la ejecución del proceso de asignación de aulas; se ha tomado una muestra representativa para mostrar los resultados de la ejecución del prototipo de las asignaturas con mayor población estudiantil y de uso de las carreras de la IES de dos departamentos.

1. Departamento de Ciencias Humanas y Sociales

Se muestra las recomendaciones obtenidas para las siguientes Asignaturas:

a. signatura de Comunicación Oral y Escrita

Figura 32

Asignación de aula para Comunicación Oral y Escrita

```
-----  
Class 17:  
Module: COMUNICACION ORAL Y ESCRITA  
Group: 5  
Room: A319-B  
Professor: ORTEGA ANDRADE DOLORES DEL ROCIO  
Time: Thu 13:00 - 15:00  
-----
```

Nota: La figura muestra el resultado de la asignación del aula A-319-B DEL BLOQUE A para la materia de Comunicación oral y escrita.

b. Asignatura de Metodología de la investigación científica

Figura 33

Asignación de aula para Metodología de la investigación científica

```
-----  
Class 99:  
Module: METED.INVESTIG.CIENTIF  
Group: 15  
Room: E06  
Professor: GUTIERREZ ALVAREZ CARLOS LEONIDAS  
Time: Tue 07:30 - 09:30  
-----
```

Nota: La figura muestra el resultado de la asignación del aula E06 DEL BLOQUE E para la materia de Metodología de la investigación científica.

c. Para la Asignatura de Apreciación escultura

Figura 34

Asignación de aula para Apreciación de la Escultura

```

-----
Class 25:
Module: APRECIACION ESCULTURA (2.0)
Group: 7
Room: B117
Professor: VILLACIS CHAVEZ GINA MARIA
Time: Thu 15:00 - 17:00
-----

```

Nota: La figura muestra el resultado de la asignación del aula B117 DEL BLOQUE B para la materia de Apreciación de la escultura.

Se realiza la comparación del resultado obtenido con el registro para el mismo NRC y obtenemos que existe una asignación más óptima en función de la capacidad del aula y la cantidad de alumnos que el NRC posee.

a. Asignatura de Comunicación Oral y Escrita

Tabla 19

Validación de Asignación para Comunicación Oral y Escrita

Variable	Proceso Actual	Prototipo para Asignación Aulas
Aula	A 306	A319
Capacidad	34	17
Alumnos Matriculados	16	16
Horario	15:00 – 16:00	13:00 15:00

Nota: La tabla muestra la información de la validación de resultados mediante la comparación del aula asignada para un NRC con 16 estudiantes matriculados.

b. Asignatura de Metodología de la Investigación Científica

Tabla 20

Validación de Asignación para Metodología de la Investigación

Variable	Proceso Actual	Prototipo para Asignación Aulas
Aula	A304	E06
Capacidad	34	25
Alumnos Matriculados	25	25
Horario	15:00 – 16:00	07:30 - 09:30

Nota: La tabla muestra la información de la validación de resultados mediante la comparación del aula asignada con capacidad de 25 puestos para un NRC con 25 estudiantes matriculados, mejorando la asignación anterior con una optimización de 11 puestos.

a. Para la Asignatura de Apreciación la Escultura

Tabla 21

Validación de Asignación para Apreciación de la Escultura

Variable	Proceso Actual	Prototipo para Asignación Aulas
Aula	C204	B117
Capacidad	34	22
Alumnos Matriculados	18	18
Horario	15:00 – 16:00	15:00 17:00

Nota: La tabla muestra la información de la validación de resultados mediante la comparación del aula asignada con capacidad de 22 alumnos para un NRC con 18 estudiantes matriculados, mejorando la asignación actual y optimizando un total de 12 puestos.

2. Departamento de Ciencias Exactas

Se muestra las recomendaciones obtenidas para las siguientes Asignaturas:

a. Asignatura de Algebra lineal

Figura 35

Asignación de aula para Algebra Lineal

```
-----  
Class 60:  
Module: ALGEBRA LINEAL  
Group: 14  
Room: B217  
Professor: CARRASCO SEMPETEGUI FRANCISCO JAVIER  
Time: Thu 15:00 - 17:00  
-----
```

Nota: La figura muestra el resultado de la asignación del aula B217 DEL BLOQUE B para la materia de Algebra lineal.

b. Asignatura de Cálculo Vectorial**Figura 36**

Asignación de aula para Cálculo Vectorial

```
-----  
Class 34:  
Module: CALCULO VECTORIAL  
Group: 11  
Room: A319B  
Professor: ANDRADE TORRES LUIS DAVID  
Time: Tue 15:01 - 16:59  
-----
```

Nota: La figura muestra el resultado de la asignación del aula A319B DEL BLOQUE A para la materia de Calculo vectorial.

c. Asignatura de Química**Figura 37**

Asignación de aula para Química

```
-----  
Class 51:  
Module: QUIMICA  
Group: 12  
Room: A305  
Professor: JIMENEZ TACURI LUCIA ELIZABETH  
Time: Thu 07:15 - 09:15  
-----
```

Nota: La figura muestra el resultado de la asignación del aula A319B DEL BLOQUE A para la materia de Calculo vectorial.

Al validar esta información mediante la comparación del resultado obtenido con el registro para el mismo NRC obtenemos que existe una asignación más óptima en función de la capacidad del aula y la cantidad de alumnos que el NRC posee.

a. Asignatura de Algebra lineal

Tabla 22

Validación de Asignación para Algebra Lineal

Variable	Proceso Actual	Prototipo para Asignación Aulas
Aula	B 318	B 217
Capacidad	22	22
Alumnos Matriculados	22	22
Horario	14:00 – 16:00	15:00 - 17:00

Nota: La tabla muestra la información de la validación de resultados mediante la comparación del aula asignada con capacidad de 22 alumnos para un NRC con 22 estudiantes matriculados.

b. Asignatura de Cálculo Vectorial

Tabla 23

Validación de Asignación para Calculo Vectorial

Variable	Proceso Actual	Prototipo para Asignación Aulas
Aula	B114	A319B
Capacidad	34	20
Alumnos Matriculados	19	19
Horario	15:00 – 16:00	14:00 – 16:00

Nota: La tabla muestra la información de la validación de resultados mediante la comparación del aula asignada con capacidad de 20 alumnos para un NRC con 19 estudiantes matriculados, mejorando la asignación actual y optimizando un total de 14 puestos.

c. **Asignatura de Química**

Tabla 24

Validación de Asignación para Química

Variable	Proceso Actual	Prototipo para Asignación Aulas
Aula	B 316	A 305
Capacidad	34	22
Alumnos Matriculados	20	20
Horario	15:00 – 16:00	12:00 - 14:00

Nota: La tabla muestra la información de la validación de resultados mediante la comparación del aula asignada con capacidad de 22 alumnos para un NRC con 20 estudiantes matriculados, mejorando la asignación actual y optimizando un total de 12 puestos.

Resultados

De los resultados obtenidos de las recomendaciones generadas por el prototipo de asignación de aulas se realizó la validación de resultados mediante la comparación entre los datos del número de puestos subutilizados dentro de la asignación manual y con los datos obtenidos de la ejecución del prototipo SIS-ASIG desarrollando la Tabla 25 en cuya evaluación se demuestra que se ha mejorado el proceso obteniendo una asignación más óptima.

Tabla 25*Validación de Resultados*

Asignatura	Matriculados	Asignación Manual		Asignación Prototipo	Evaluación	
		Capacidad Aula Asignada	Estado	Capacidad Aula Asignada	Diferencia	Valoración
Comunicación oral y escrita	16	34	Subutilizado	17	1	Optimo
Metodología de la investigación científica	25	34	Optimo	25	0	Optimo
Apreciación escultura	18	34	Subutilizado	22	4	Optimo
Algebra lineal	22	22	Optimo	22	0	Optimo
Cálculo Vectorial	19	34	Subutilizado	20	1	Optimo
Química	20	34	Optimo	22	2	Optimo

Nota: La tabla muestra la información con el resumen de los resultados y la evaluación que muestra que se ha optimizado la asignación de aulas en función de su capacidad respecto al número de estudiantes matriculados por NRC.

El prototipo permite obtener la asignación de aulas para un total de 200 asignaturas con un promedio de 500 NRC's distribuidos en 14 horas efectivas de trabajo que corresponden al horario que la IES mantiene su funcionamiento. La ejecución de la asignación de aulas muestra el resultado de las recomendaciones en un tiempo aproximado de 20 segundos mejorando notablemente el proceso actual que al ser realizado de manera manual conlleva esfuerzo y tiempo de dedicación de valor no determinado y que de acuerdo a las entrevistas realizadas conlleva varios días de trabajo del personal a cargo de afinar la asignación de aulas al inicio de cada periodo académico.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- Se ha realizado una revisión literaria acerca de las herramientas y técnicas que se aplican en la Minería de Datos, también se han estudiado diferentes algoritmos aplicados a la asignación de recursos físicos (aulas), y metodologías para desarrollar prototipos.
- Ha sido recopilada y analizada la información disponible e histórica de la IES, y mediante la aplicación de técnicas de minería de datos se han identificado patrones, variables y reglas, para elaborar la presente propuesta que permita la asignación óptima de aulas.
- En base a los resultados obtenidos en el estudio analítico, se ha elaborado una propuesta de solución. Para demostrar la validez de dicha propuesta se ha diseñado un prototipo de sistema recomendador. Para su desarrollo se aplicó la metodología del prototipado rápido y un algoritmo meta heurístico (genético).
- Se han llevado a cabo los procesos de validación y pruebas del prototipo en 200 asignaturas pertenecientes a dos departamentos de la IES (Ciencias Humanas y Ciencias Exactas). Se pudo evidenciar que el prototipo disminuyó tiempos en relación al proceso que se realiza en forma manual.
- En los resultados obtenidos en las pruebas realizadas con el prototipo desarrollado, se observa la optimización de los recursos físicos, ya que hubo disminución de puestos desocupados en las aulas seleccionadas.

Recomendaciones

- Implementar el prototipo e integrarlo al sistema de gestión académica para apoyar la asignación de aulas, laboratorios y auditorios de la institución como propuesta de mejora y apoyo a la toma de decisiones en la gestión de recursos físicos (aulas).
- Plantear el seguimiento de evaluación y pruebas al prototipo para que el algoritmo genético vaya evolucionando y generando mejores asignaciones para que a largo plazo sea un sistema recomendador.
- Aplicar otras técnicas usadas en la automatización de asignación de aulas que permita comparar resultados con la aplicada en este trabajo de titulación y validar la más conveniente para la IES.

BIBLIOGRAFIA

- Aluja, T. (2001). La Minería de Datos, entre la Estadística y la Inteligencia Artificial. *Qüestiió*, 25(3), 479–498. <https://doi.org/0210-8054>
- Alvear Calero, Jose Luis; Sandoval Vargas, C. I. (2017). *Modelo de programación entera para la asignación de materias a las aulas de la USFQ* Jose Luis Alvear Calero Jose Luis Alvear Calero Carlos Iván Sandoval Vargas Jose Luis Alvear Calero Carlos Iván Sandoval Vargas.
- Ley Orgánica De Educación Superior Ecuador, Ley Orgánica de Educación Superior del Ecuador 1 (2010). <http://educaciondecalidad.ec/leyes-sistema/ley-educacion-superior-loes.html>
- Cababie, P., Cancelo, F., & Luise, D. L. De. (2008). Sistema automático para Asignación de aulas y distribución de espacios. *X Workshop de Investigadores En Ciencias de La Computación*, 1–4.
- CEAACES, Consejo de Evaluación, A. y A. de la calidad de la E. S. (2018). *Modelo-de-evaluación-preliminar-de-Universidades-y-Escuelas-Politécnicas_2018.pdf*. 26.
- Consejo de Educacion Superior, C. (2017). *REGLAMENTO DE REGIMEN ACADEMICO RPC-SO-24-No.480-2017*. 289, 1–99. [https://doi.org/10.1016/S0006-3495\(03\)74514-7](https://doi.org/10.1016/S0006-3495(03)74514-7)
- Frimpong, F. O., & Owusu, A. (2015). Allocation of Classroom Space Using Linear Programming (A Case Study: Premier Nurses Training College , Kumasi). *Journal of Economics and Sustainable Development*, 6(2), 12–20.
- Gutiérrez O., J. A., & Molina, B. (2017). Identificación de técnicas de minería de datos para apoyar la toma de decisiones en la solución de problemas empresariales. *Revista Ontare*, 3(2), 33. <https://doi.org/10.21158/23823399.v3.n2.2015.1440>

- Han, Jiawei; Kamber, Micheline; Pei, J. (2012). Data mining: Data mining concepts and techniques. In *Proceedings - 2013 International Conference on Machine Intelligence Research and Advancement, ICMIRA 2013*. <https://doi.org/10.1109/ICMIRA.2013.45>
- IES, H. C. (2014). *Reglamento Interno de Régimen Académico y de Estudiantes*. 593, 128. http://sege.espe.edu.ec/wp-content/uploads/2015/04/REGLAMENTO_INTERNO_REGIMEN_ACADEMICO_Y_DE_ESTUDIANTES-DE-LA-UNIVERSIDAD_DE_LAS_FUERZAS_ARMADAS_ESPE_2014_12_11.pdf
- Estatuto, (2019). [instructivo_de_asignacio-reasignacion_de_aulas.pdf](#), (2019).
- [Instructivo-matricula-SI-2019.pdf](#), (2019).
- Mariño, Sonia; Alfonso, Pedro; Badaracco, N. (2014). MODELIZACIÓN DE LA ASIGNACIÓN DE AULAS CON TÉCNICAS SIMBÓLICAS DE LA IA COMO AYUDA A LA TOMA DE DECISIONES // MODELING THE ALLOCATION OF CLASSROOMS USING EXPERT SYSTEMS TO AID DECISION MAKING. *Estudios Telematicos TELEMATIQUE*.
- Montero Mariño, Cristian Xavier; Vásquez Vítores, M. V. (2006). *Universidad del Azuay Facultad de Ciencias de la Administración Escuela de Ingeniería en Sistemas*.
- Navuduri, S. (2016). *Design and Implementation of a Classroom Allocation System Prototype*.
- Niño, J. (2013). Introducción a los algoritmos genéticos. In *In Vestigium Ire* (Vol. 3, Issue 1).
- P Tolomeo. (2014). Metodologías y procesos de análisis de software. In *Repositorio académico* (pp. 35–50). Universidad Nacional Autónoma de México. http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/175/A5_Capítulo_2.pdf?sequence=5
- Pressman, R. S. (2010). *Ingeniería del software UNENFOQUE PRÁCTICO SÉPTIMA EDICIÓN*.

http://artemisa.unicauca.edu.co/~cardila/Libro_Pressman_7.pdf

- Ryan, Silvia Rodríguez ; Martinez, Cristian; Morales, D. (2003). Asignación de Aulas aplicando Simulated Annealing II . - Simulated Annealing (SA). *CACIC-RedUNCI*, 1, 1711–1718.
- Sarmiento-lepesqueur, A. (2014). *University Course Scheduling and*. 18(1), 59–75.
- Satin, Gonzalez; Perez, L. (2008). Minería de datos. Técnicas y herramientas. In *Minería de datos. Técnicas y herramientas*.
- Silva, J. J., Teórico, M., & Arte, E. (2017). *Heurística para la Planificación de Horarios de la Universidad EAFIT Índice general*.
- Torres-Ovalle, C., Montoya-Torres, J. R., Quintero-Araujo, C., Sarmiento Lepesqueur, A., & Castilla Luna, M. (2014). University Course Scheduling and Classroom Assignment. *Ingeniería y Universidad*, 18(1), 59–76. <https://doi.org/10.11144/Javeriana.IYU18-1.phaa>
- Vidal Esmorls, A. (2013). *ALGORITMOS HEURÍSTICOS EN OPTIMIZACIÓN*. http://eio.usc.es/pub/mte/descargas/ProyectosFinMaster/Proyecto_782.pdf