



## 1. Datos Generales de la asignatura

<b>Nombre de la asignatura:</b>	Investigación de Operaciones
<b>Clave de la asignatura:</b>	CDD-2414
<b>SATCA<sup>1</sup>:</b>	2-3-5
<b>Carrera:</b>	Ingeniería en Ciencia de Datos

## 2. Presentación

### Caracterización de la asignatura

Esta asignatura aporta al perfil del Ingeniero en Ciencia de Datos la capacidad para aplicar técnicas y modelos de investigación de operaciones en la solución de problemas utilizando o desarrollando herramientas de software para la toma de decisiones. La materia aporta al perfil del Ingeniero en Ciencia de Datos la habilidad y capacidad para analizar datos y resolver situaciones de alta complejidad en forma sistémica.

La asignatura aporta comprensión y conocimientos de las técnicas para el modelado de sistemas, con énfasis en la formación de la lógica de solución de problemas. Para ello el estudiante de Ingeniería en Ciencia de Datos, recopila, clasifica y ordena la información del sistema a modelar para analizarlo lo programa y obtiene la mejor solución o una solución óptima e interpreta los resultados.

Su integración se ha hecho en base a un análisis de la administración de las operaciones, identificando los temas de programación, optimización y modelos heurísticos que tienen una mayor aplicación en el quehacer profesional y la toma de decisiones en el área de Ciencia de datos.

La investigación de operaciones, como ciencia de la administración, implica el uso de las matemáticas, software y equipo de cómputo para ayudar a tomar decisiones racionales frente a problemas de administración complejos, de ahí la importancia de integrar estos conocimientos y habilidades en la formación del ingeniero en ciencias de datos.

La materia de Investigación de operaciones consiste en formular, analizar e implementar modelos matemáticos aplicando técnicas deterministas y/o probabilistas a situaciones reales del entorno, interpretando las soluciones obtenidas expresadas en un lenguaje accesible al usuario para la eficiente toma de decisiones.

<sup>1</sup> Sistema de Asignación y Transferencia de Créditos Académicos



Es necesario la adecuada comprensión y entendimiento de los temas de razonamiento lógico matemático, álgebra lineal, conceptos de probabilidad y estadística, nomenclatura matemática, solución de sistemas de ecuaciones, uso de software. De ahí su estrecha relación con materias que previamente deben de haberse acreditado como Matemáticas Discretas, Probabilidad y Estadística, Fundamentos de Investigación, Programación Orientada a Objetos, entre otras.

### **Intención didáctica**

El propósito de la materia es plantear los contenidos de modo que el estudiante los comprenda, identifique y pueda resolverlos en el entorno cotidiano y profesional.

Se organiza el temario, en cinco temas, agrupando los contenidos conceptuales de la asignatura en cada unidad incluyendo los contenidos necesarios para la aplicación de los conceptos tratados en estas.

En el primer tema, se abordan los conceptos de la programación lineal, donde se presentan ejemplos de aplicación que actualmente se requieren en las empresas para la solución de problemas. Este tipo de programación permite resolver problemas pequeños de forma óptima. En este tema se recomienda la utilización inicialmente de Excel, para posteriormente utilizar LINGO o AMPL (que puede trabajar con solvers como GUROBI o CPLEX).

En el segundo tema, se caracterizan los conceptos básicos de la programación no lineal para dar una visión de los parámetros y la distribución de probabilidad asociados al modelo, mostrando la problemática de los óptimos locales a los que se enfrenta este tipo de modelos y las opciones complejas que se emplean para solucionarlos.

El tercer tema aborda métodos metaheurísticos como una opción a la resolución de problemas grandes, debido a que los modelos exactos (abordados en la unidad 1) sólo pueden resolver problemas pequeños en un tiempo razonable, y los problemas no lineales (abordados en la unidad 2) muchas veces tienen métodos muy complejos para su solución, mientras que los metaheurísticos pueden resolver problemas grandes en tiempos razonables con métodos sencillos, obteniendo buenas soluciones (no necesariamente soluciones óptimas). En este tema se recomienda el uso de Julia, Python, R, Matlab, o algún otro lenguaje de programación.

En el cuarto tema, se estudian las Cadenas de Markov y procesos estocásticos. Las cadenas de Markov se estudian como cuarto tema debido a que utiliza modelos probabilísticos que permiten predecir la evolución y el comportamiento a corto plazo de algunos sistemas.

En el quinto tema, se presenta la Teoría de Decisiones para la solución de problemas deterministas o probabilistas, lo que permitirá al estudiante tomar decisiones que le conduzcan a obtener los mejores resultados de acuerdo con los objetivos planteados.



El enfoque sugerido para la materia requiere que las actividades prácticas promuevan el desarrollo de habilidades para la experimentación, tales como: identificación, manejo y control de variables y datos relevantes; planteamiento de hipótesis; trabajo en equipo; asimismo, se propicien procesos intelectuales como inducción-deducción y análisis-síntesis con la intención de generar una actividad intelectual compleja; esto permite la integración del alumno con el conocimiento durante el curso.

Principalmente se busca partir de experiencias concretas, cotidianas, para que el estudiante se acostumbre a reconocer los modelos de decisión y no sólo se hable de ellos en el aula. En el transcurso de las actividades programadas es muy importante que el estudiante aprenda a valorar las actividades que lleva a cabo y entienda que está construyendo su hacer futuro y en consecuencia actúe de una manera profesional; de igual manera, aprecie la importancia del conocimiento y los hábitos de trabajo; desarrolle la precisión y la curiosidad, la puntualidad, el entusiasmo y el interés, la tenacidad, la flexibilidad y la autonomía.

### 3. Participantes en el diseño y seguimiento curricular del programa

Lugar y fecha de elaboración o revisión	Participantes	Observaciones
Instituto Tecnológico Superior de Alvarado del 21 al 23 agosto de 2023.	Representante del Instituto Tecnológico Superior de Alvarado.	Propuesta inicial.
Tecnológico Nacional de México 30 octubre 2023	Representante del Instituto Tecnológico de: Querétaro y del Instituto Tecnológico Superior de Alvarado.	Presentación de la propuesta de la carrera de Ingeniería en Ciencia de Datos.
Instituto Tecnológico de Querétaro Campus Norte del 19 al 22 de marzo 2024.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Morelia, Puebla, Querétaro, Tehuacán. Instituto Tecnológico Superior de Alvarado. CENIDET. Representante de Ciencias Básica de los Institutos de: Celaya, Morelia y CIIDET.	Diseño y/o desarrollo curricular de la carrera de Ingeniería en Ciencia de Datos.
Tecnológico Nacional de México del 22 al 24 de abril del 2024	Representante del Instituto Tecnológico de Querétaro e Instituto Tecnológico Superior de Alvarado.	Contraste y ajuste de las asignaturas de Ingeniería en Ciencia de Datos con respecto a las de Ing. en Inteligencia Artificial, Ing. en Desarrollo WEB e Ing. en Ciberseguridad



<p>Tecnológico Nacional de México del 27 al 31 de mayo del 2024.</p>	<p>Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Morelia, Querétaro. Instituto Tecnológico Superior de Alvarado. CENIDET.</p>	<p>Consolidación curricular de la carrera de Ingeniería Ciencia de Datos</p>
--	---	--

#### 4. Competencia(s) a desarrollar

##### Competencia(s) específica(s) de la asignatura

Formula y resuelve modelos matemáticos aplicando técnicas deterministas y probabilistas a situaciones reales o teóricas del entorno, interpretando las soluciones obtenidas expresadas en un lenguaje accesible al usuario como apoyo a la toma de decisiones.

Utiliza y desarrolla programas, aplicando conceptos de los modelos matemáticos, técnicas y algoritmos, para obtener soluciones que permitan una mejor toma de decisiones.

#### 5. Competencias previas

Conoce y comprende los conceptos básicos de lógica matemática, relaciones, grafos y árboles para aplicarlos a modelos que resuelvan problemas de computación.

Resuelve problemas de aplicación e interpreta las soluciones utilizando matrices y sistemas de ecuaciones lineales para las diferentes áreas de la ingeniería. Identificar las propiedades de los espacios vectoriales y las transformaciones lineales para describirlos, resolver problemas y vincularlos con otras ramas de las matemáticas.

Plantea y resuelve problemas de ingeniería empleando expresiones matemáticas en función de variables.

Selecciona modelos probabilísticos, aplica cálculos de inferencia estadística sobre datos y desarrolla modelos para la toma de decisiones en sistemas con componentes aleatorios.

Identifica y utiliza las distribuciones discretas y continuas de probabilidad.

Establece e interpreta las pruebas estadísticas de hipótesis.

Posee una visión sistémica para la solución de problemas.

Emplea la lógica algorítmica y lenguajes de programación.

Utiliza software estadístico.



## 6. Temario

No.	Temas	Subtemas
1	Programación lineal.	1.1 Fases de estudio de la investigación de operaciones. 1.2 Formulación de modelos. 1.3 Problemas por método gráfico. 1.4 Problemas por el método simplex. 1.5 Programación entera. 1.5.1 Problema de la mochila. 1.5.2 Problema de asignación. 1.5.3 Problema de transporte. 1.5.3.1 TSP. 1.5.3.2 CVRP. 1.5.3.3 HFVRP. 1.5.4 Ubicación de servidores usando k-means. 1.5.5 Programación de proyectos (PERT-CPM). 1.5.6 Aplicaciones diversas de programación lineal.
2	Programación no lineal.	2.1 Conceptos básicos de problemas de programación no lineal. 2.2 Ilustración gráfica de problemas de programación no lineal. 2.3 Tipos y ejemplos de problemas de programación no lineal. 2.4 Optimización clásica. 2.4.1 Puntos de inflexión. 2.4.2 Máximos y mínimos.
3	Métodos metaheurísticos.	3.1 Concepto de heurística. 3.2 Concepto de metaheurística. 3.3 Algoritmo voraz. 3.4 Búsqueda Tabú. 3.5 Recocido simulado. 3.6 Algoritmos genéticos.
4	Cadenas de Markov.	4.1. Introducción a las cadenas de Markov. 4.2. Probabilidad de transiciones estacionarias de n pasos. 4.3. Estado estable. 4.4. Casos especiales (cadenas absorbentes, cadenas cíclicas).



5	Teoría de decisiones.	<p>5.1. Características generales.</p> <p>5.2. Criterios de decisión determinísticos y probabilísticos.</p> <p>5.3. Valor de la información perfecta.</p> <p>5.4. Árboles de decisión.</p> <p>5.5. Teoría de utilidad.</p> <p>5.6. Análisis de sensibilidad.</p> <p>5.7. Decisiones secuenciales.</p>
---	-----------------------	---

## 7. Actividades de aprendizaje de los temas

<b>1.- Programación lineal</b>	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p><i>Específica(s):</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Resuelve problemas de programación lineal para generar la solución óptima aplicando el uso de conceptos, técnicas y algoritmos del método simplex.</li> <li>● Aplica los métodos de solución de problemas de programación entera que permiten tomar la mejor decisión para la solución del problema.</li> <li>● Aplica los métodos de solución de problemas de administración de proyectos que permita una correcta planeación, administración y control aplicando las técnicas de revisión y evaluación de proyectos y el camino crítico.</li> </ul> <p><i>Genéricas:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Capacidad de abstracción, análisis y síntesis.</li> <li>● Interpretación de resultados.</li> <li>● Solución de problemas.</li> <li>● Capacidad para identificar, plantear y resolver problemas.</li> <li>● Habilidad para búsqueda de información.</li> <li>● Capacidad para trabajar en equipo.</li> <li>● Comunicación oral y escrita.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Elaborar un mapa mental que permita identificar los conceptos generales de la investigación de operaciones a través del trabajo colaborativo.</li> <li>● Generar un reporte de ejercicios que permita plantear y resolver problemas que impliquen toma de decisiones para la minimización de costos o maximización de utilidades a través del método gráfico.</li> <li>● Realizar un resumen sobre los tipos de problemas de programación entera existentes para la optimización de recursos y presentarlo en plenaria en clases a través de grupos de trabajo.</li> <li>● Resolver problemas de transporte y asignación por los diferentes métodos en clase, implementando al menos uno con un lenguaje de programación.</li> <li>● Generar un reporte de ejercicios que permita plantear y resolver problemas mediante los algoritmos específicos como: la ruta más corta, modelo de expansión mínima, modelo de flujo máximo.</li> <li>● Realizar la planeación, administración y el control de un proyecto relacionado con la ingeniería en ciencia de datos en una organización real, utilizando las técnicas CPM y PERT para resolverlo.</li> </ul>



	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Solucionar problemas en la computadora usando un software de aplicación.</li> </ul>
<b>2.- Programación no lineal</b>	
<b>Competencias</b>	<b>Actividades de aprendizaje</b>
<p><i>Específica(s):</i> Resuelve problemas propuestos para encontrar máximos y mínimos de los problemas no lineales restringidos.</p> <p><i>Genéricas:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Capacidad de abstracción, análisis y síntesis.</li> <li>● Interpretación de resultados.</li> <li>● Solución de Problemas.</li> <li>● Capacidad para identificar, plantear y resolver problemas.</li> <li>● Habilidad para búsqueda de información.</li> <li>● Capacidad para trabajar en equipo.</li> <li>● Comunicación oral y escrita.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Realizar un diagnóstico a través de preguntas directa e indirecta.</li> <li>● Construir un mapa conceptual basado de fuentes diversas sobre los modelos de programación no lineal y presentarlo en plenaria.</li> <li>● Realizar un esquema de la optimización clásica y sus características valorando los métodos clásicos.</li> <li>● Elaborar un reporte de ejercicios de problemas de programación no lineal con restricciones y sin restricciones.</li> <li>● Resolver problemas no lineales utilizando la computadora.</li> </ul>
<b>3. Métodos metaheurísticos</b>	
<b>Competencias</b>	<b>Actividades de aprendizaje</b>
<p><i>Específica(s):</i> Resuelve problemas propuestos utilizando un algoritmo metaheurístico y un lenguaje de programación.</p> <p><i>Genéricas:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Capacidad de abstracción, análisis y síntesis.</li> <li>● Interpretación de resultados.</li> <li>● Solución de problemas.</li> <li>● Comunicación oral y escrita.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Realizar un cuadro de ventajas y desventajas de los métodos exactos contra los métodos metaheurísticos y realizar un debate en el salón de clases donde un grupo defienda los métodos exactos y un grupo defienda los métodos metaheurísticos.</li> <li>● Solucionar al menos uno de los problemas vistos en las unidades 1 y 2 mediante la programación en algún lenguaje.</li> </ul>





<b>4.- Cadenas de Markov</b>	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p><i>Específica(s):</i> Utiliza las Cadenas de Markov para la resolución de problemas</p> <p><i>Genéricas:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Capacidad de abstracción, análisis y síntesis.</li> <li>● Interpretación de resultados.</li> <li>● Solución de problemas.</li> <li>● Capacidad para identificar, plantear y resolver problemas.</li> <li>● Habilidad para búsqueda de información</li> <li>● Capacidad para trabajar en equipo.</li> <li>● Comunicación oral y escrita.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Identifica las características de los modelos y problemas de Cadenas de Markov.</li> <li>● Formula y resuelve problemas en sistemas que se pueden modelar por el método de cadenas de Markov.</li> <li>● Establece y explica las conclusiones y recomendaciones para sistemas de este tipo.</li> </ul>
<b>5.- Teoría de decisiones</b>	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p><i>Específica(s):</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Aplica las técnicas de la teoría de decisiones para modelos deterministas y probabilistas.</li> <li>● Resuelve las etapas concernientes al problema bajo estudio.</li> <li>● Establece las conclusiones correspondientes para la toma de decisiones.</li> </ul> <p><i>Genéricas:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Capacidad de abstracción, análisis y síntesis.</li> <li>● Interpretación de resultados.</li> <li>● Solución de problemas.</li> <li>● Capacidad para identificar, plantear y resolver problemas.</li> <li>● Habilidad para búsqueda de información</li> <li>● Capacidad para trabajar en equipo.</li> <li>● Comunicación oral y escrita.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Explica las características generales de la toma de decisiones basada en la teoría de probabilidades.</li> <li>● Conoce y aplica los criterios de decisión deterministas y probabilistas para la toma de decisiones, sus ventajas y aplicaciones en situaciones bajo riesgo e incertidumbre.</li> <li>● Utiliza el valor esperado de la información perfecta.</li> <li>● Analiza problemas utilizando árboles de decisión.</li> <li>● Aplica la teoría de la utilidad.</li> </ul>





## 8. Práctica(s)

- Resolver ejercicios con software de Investigación de Operaciones (como LINGO, AMPL, CPLEX, GUROBI, etc. ) y otros paquetes de programación.
- Identificar y analizar en una organización de la comunidad, las posibles Aplicaciones de la Investigación de Operaciones.
- Formular y resolver problemas para alguna institución del entorno.
- Realizar sesiones de aprendizaje colaborativo, aplicando asignación aleatoria, para propiciar el intercambio de ideas y el trabajo en equipo.
- Modelar un sistema real contextualizando y con resolución manual.
- Realizar el análisis de un caso real relacionado con la ingeniería en sistemas y resolverlo por el método simplex, utilizando un software.
- Resolver al menos un problema visto en unidad uno o dos utilizando un lenguaje de programación.
- Resolver manualmente el algoritmo del árbol expandido mínimo.
- Construir la ruta crítica y evaluar un problema real.
- Aplicar un algoritmo de solución de optimización clásica a un problema real.

## 9. Proyecto de asignatura

El objetivo del proyecto que planteé el docente que imparta esta asignatura, es demostrar el desarrollo y alcance del(los) logro(s) formativo(s) de la asignatura, considerando las siguientes fases:

**Fundamentación:** marco referencial (teórico, conceptual, contextual, legal) en el cual se fundamenta el proyecto de acuerdo con un diagnóstico realizado, mismo que permite a los estudiantes lograr la comprensión de la realidad o situación objeto de estudio para definir un proceso de intervención o hacer el diseño de un modelo.

**Planeación:** con base en el diagnóstico en esta fase se realiza el diseño del proyecto por parte de los estudiantes con asesoría del docente; implica planificar un proceso: de intervención empresarial, social o comunitario, el diseño de un modelo, entre otros, según el tipo de proyecto, las actividades a realizar los recursos requeridos y el cronograma de trabajo.

**Ejecución:** consiste en el desarrollo de la planeación del proyecto realizada por parte de los estudiantes con asesoría del docente, es decir en la intervención (social, empresarial), o construcción del modelo propuesto según el tipo de proyecto, es la fase de mayor duración que implica el desempeño de los saberes, habilidades y destrezas a desarrollar.

**Evaluación:** es la fase final que aplica un juicio de valor en el contexto laboral-profesión, social e investigativo, ésta se debe realizar a través del reconocimiento de logros y aspectos a mejorar se estará promoviendo el concepto de “evaluación para la mejora continua”, el desarrollo del pensamiento crítico y reflexivo en los estudiantes.



## 10. Evaluación por competencias

La evaluación debe hacerse diagnóstica, formativa y sumativa. De igual manera, para fortalecer la parte actitudinal, se recomienda guiar al estudiante hacia la introspección para utilizar la autoevaluación y la coevaluación.

En el caso de las actividades de aprendizaje se sugiere el uso de estrategias metacognitivas como: mapas mentales, mapas conceptuales, reportes de prácticas, exposiciones en clase, ensayos, resúmenes, observación y cuestionarios, cuadros comparativos, informes.

Mientras que para verificar el nivel del logro de las competencias del estudiante se recomienda utilizar: el portafolio de evidencias, listas de cotejo, rúbricas, matrices de valoración, exámenes, guías de observación, además de estrategias en las que se logren las competencias blandas.

## 11. Fuentes de Información

1. Comprehensive Metaheuristics: Algorithms and Applications. (2023). Países Bajos: Elsevier Science.
2. Eppen, G. D., & Gould, F. J. (2000). Investigación de operaciones en la ciencia administrativa: construcción de modelos para la toma de decisiones con hojas de cálculo electrónicas. Pearson educación.
3. Eppen, G. D., & Gould, F. J. (1998) Investigación de operaciones en la ciencia administrativa. México: Editorial Prentice Hall.
4. Gallagher, C., Watson, H. (2009). Métodos cuantitativos para la toma de decisiones en administración. México: McGraw-Hill Interamericana.
5. Hillier, F. & Liberman, G. (2010). Introducción a la investigación de operaciones, México: Editorial Mc Graw Hill.
6. Hillier, F. & Liberman, G. (2008) Métodos Cuantitativos para Administración, Editorial Irwin.
7. Kamlesh Mathur. Investigación de operaciones. Pearson.
8. Kaufman, A. Métodos y Modelos de la Investigación de Operaciones (Tomo1), Editorial C.E.C.S.A. 8ª Edición.
9. Kirkpatrick, Charles A., Levin, Richard I. Enfoques Cuantitativos a la administración, Editorial C.E.C.S.A.
10. Levin - Kirkpatrick. Enfoques cuantitativos a la administración. México: Editorial C.E.C.S.A.
11. McKeown y Davis. Modelos Cuantitativos para Administración, Editorial Iberoamericana.
12. Moskowitz, Herbert., Wright, Gordon. Investigación de Operaciones, Editorial Prentice Hall.
13. Palacios Figueroa, R. (2017). Investigación de Operaciones I: Programación lineal. Colombia: Alpha Editorial.
14. Prawda, Juan. Métodos y Modelos de la Investigación de Operaciones (Tomo 1y II), Editorial Limusa.
15. Rios Insua, Sixto, Mateos Caballero, A., Martín Jiménez, J. (2006) Problemas de investigación operativa, Ra-MA.
16. Sarker, R. A., & Newton, C. S. (2007). Optimization modelling: a practical approach. CRC press.



17. Shamblin, James E. Investigación de Operaciones, Editorial Mc Graw Hill.
18. Taha, Hamdy A. (2011). Investigación de operaciones. (9 Ed.). México: Pearson.
19. Taha, Hamdy A. Investigación de operaciones: Una introducción. México: Editorial Alfa Omega. 1989.
20. Thierauf, Robert., Grose, Richard. Toma de Decisiones por medio de Investigaciones de Operaciones, Editorial Limusa.
21. Winston, Wayne L. (2004). Investigación de operaciones aplicaciones y algoritmos. (4ª Ed.). México: Cengage Learning.
22. Muñoz, A. D. (2007). Metaheurísticas (Vol. 22). Librería-Editorial Dykinson.
23. Gendreau, M., & Potvin, J. Y. (Eds.). (2010). Handbook of metaheuristics (Vol. 2). New York: Springer.