UNIDAD I: Introducción

**¿Qué es la Investigación Operativa?**

Es la aplicación del método científico para asignar los recursos de forma eficaz, en la gestión y organización de sistemas complejos. Identifica, estudia y soluciona problemas de las organizaciones y entidades que a las que las identifica como Sistemas. Su objetivo es ayudar a la toma de decisiones.

\*\*Propone:

* La aplicación de Herramientas lógico matemáticas;
* Interpretación de la realidad mediante modelos;
* Confirmación mediante pruebas;
* Generar soluciones;

**¿Cuál es el fundamento de la Investigación Operativa?**

Utiliza el método científico en la búsqueda de soluciones óptimas, como apoyo en los procesos de decisión, en lo que refiere a Toma de Decisiones Óptimas y en Sistemas de la vida Real.

**Características de la Investigación Operativa:**

* Es una ciencia gerencial, basada en el método científico para resolver problemas;
* Adopta un punto de vista organizacional,
* Busca la mejor solución;
* Emplea un enfoque interdisciplinario;

**Origen y Evolución:**

La Investigación Operativa tiene sus comienzos en la 2da Guerra Mundial, utilizada para la toma de decisiones de la mejor forma de utilizar el material bélico.

Posteriormente, fue adaptada en el sector civil para mejorar la eficiencia y productividad. También se lo aplicó en la Industria debido a la competitividad y progreso de la misma.

Sigue habiendo un gran desarrollo, en muchos sectores, con grandes avances sobre todo en el campo de la Inteligencia Artificial

**¿Cuáles son las fases de aplicación de la Investigación Operativa?**

1.- Formular el *Problema*;

2.- Construir el *Modelo* que lo represente;

3.- Deducir *Soluciones* a partir del modelo;

4.- *Prueba* del *modelo* y las *Soluciones* generadas;

5.- Establecer controles sobre la solución;

6.- *Ejecutar*;

**¿Cuáles son los componentes de la Investigación Operativa?**

* Análisis de Sistemas
* Modelos
  + Objetivos;
  + Restricciones;
  + Función Objetivo;
* Algoritmos
* Análisis matemáticos
* Simulación

**¿Qué se entiende por Dinámica de Sistemas en el entorno de la Investigación Operativa?**

Se refiere a la variedad de parámetros que se pueden adoptar como variables de estudio, dependiendo del escenario al cual se va a desarrollar el modelo

**¿Cuáles son los ámbitos de la aplicación de la Investigación Operativa?**

* Modelo de Planeamiento y Control de proyectos (Campañas, construcciones);
* Modelo de colas;
* Modelos de juegos;
* Modelos de stock;
* Modelos de programación lineal;

**¿En qué consiste un problema para la Investigación Operativa?**

* Síntomas;
* Diagnóstico;
* Características necesarias;
* Cursos de acción: combinación de variables (cualitativas y cuantitativas);
* Ambiente: valores de las variables no controlables;

**¿A qué llama complejidad de la realidad la Investigación Operativa?**

La Investigación Operativa llama complejidad de la realidad a los objetivos que persiguen el problema, las variables controlables y su grado y a otros aspectos que afectan al problema.

**¿Cuáles son los pasos para analizar la estructura de un problema?**

* Previsión;
* Análisis de factores;
* Políticas y procedimientos;
* Exploración de consecuencias ;
* Regulación y control;

**¿Cómo se clasifican los modelos de decisión?**

* Mentales;
* Abstractos;
* Físicos;
* Determinísticos:
  + Descriptivos: Numéricos, Analíticos;
  + Optimizantes: Numéricos, Analíticos;
* Probabilísticos:
  + Descriptivos: Numéricos, Analíticos;
  + Optimizantes: Numéricos, Analíticos;

**¿Cuáles son componentes principales de los modelos de decisión?**

* Variables de decisión (opciones);
* Restricciones del Problema;
* Criterio o función objetivo;

**¿Cuáles son los pasos de la Metodología de Investigación Operativa?**

1.- Definición del Problema;

2.- Desarrollo del modelo formal:

a. Variables de decisión;

b. Función objetivo;

c. Datos;

3.- Obtener valores numéricos para las variables de decisión;

4.- Validación, aplicación y control de la solución;

5.- Modificación;

**¿Cuáles son los distintos tipos de modelo? Describir**

**¿Cuáles son los pasos para la construcción de un modelo de investigación de operaciones?**

1.- Definir el objetivo;

2.- Identificar criterios de evaluación;

3.- Enumerar variables y restricciones:

a. Identificar las variables controlables;

b. Identificar las variables incontrolables;

4.- Prever comportamiento de las incontrolables y su margen de error;

5.- Analizar relaciones entre las variables, objetivos y resultados;

6.- Identificar restricciones de las variables controlables;

7.- Desarrollar un plan de acción acorde al análisis;

**¿Cuáles son los distintos tipos de decisiones?**

* Según el problema:
  + Programables;
  + No programables;
* Según la información disponible:
  + Certeza;
  + Riesgo;
  + Incertidumbre;
* Según nivel organizacional:
  + No estructuradas;
  + Semi estructuradas;
  + Estructuradas;

UNIDAD II: Programación Lineal

**¿Cuáles son los pilares de la Programación Lineal?**

* No negatividad de las variables: Xi >= 0, todas las variables deben ser mayores o iguales a cero dado que representan situaciones o cosas reales, por ejemplo no se puede producir -4 productos;
* Función Objetivo: z = f(x), debe ser UNICA, LINEAL Y OPTIMIZANTE (max o min, para encontrar la solución);
* Condiciones de Ligadura (restricciones): son restricciones que impone el problema y deben cumplirse, con la forma ri <= = >= bi.

**¿Qué situaciones puede modelar una Restricción? ¿Por qué aparecen en el modelo de PL?**

Las restricciones pueden modelar situaciones sobre limitaciones acerca de recursos disponibles o imponer condiciones mínimas de producción, la producción de una máquina, pérdida en un proceso, reciclaje, mezcla de productos que se tienen que hacer. Aparecen en el modelo, para que sea posible establecer un convexo de soluciones sobre el cual buscar el óptimo.

**¿Qué se entiende por costo de oportunidad en el modelo de PL?**

Cuando una variable de decisión no aparece en la solución óptima, dado que no conviene producirla, pero por ciertas razones se exige su producción, el generar una unidad de ese producto ocasiona una disminución de valor x en la función objetivo, a eso se llama Costo de Oportunidad.

**¿Qué representa el valor marginal en el modelo de PL?**

Cuando una variable slack (recursos) se encuentra agotada, es decir tiene como resultado un valor distinto de cero, ese valor indica cuando va a aumentar la función objetivo por cada unidad del recurso agotado que se pueda obtener, a eso se llama Valor Marginal.

**¿En qué consiste la forma estándar y la forma canónica en el modelo de PL?**

* Un modelo de PL se encuentra en forma estándar cuando contiene variables no negativas y restricciones de igualdad, tanto para max o min.
* Un modelo de PL se encuentra en forma canónica cuando contiene variables no negativas y restricciones de <= para casos de max y restricciones de >= para casos de min.

**¿Cuáles son los Teoremas del modelo de PL?**

* El conjunto de soluciones factibles de un problema de PL es un conjunto convexo. La solución óptima, si existe, es un punto extremo (vértice) del conjunto de soluciones factibles.
* El número máximo de puntos extremos por revisar en la búsqueda de la solución óptima del problema es finito.

**¿Qué representan las variables slack? ¿En qué unidades se miden?**

Las variables slack representan cantidades no utilizadas, para el caso de restricciones de <= y representan excedentes, para el caso de restricciones de >=. Se miden en las mismas unidades que los recursos disponibles (lado derecho de la restricción).

**¿Qué representan las variables artificiales? ¿Por qué aparecen?**

Las variables artificiales representan variables de exceso en la solución del simplex, cuando las restricciones son del tipo >= entonces las variables slack aparecen restando en la restricción, en este caso se utilizan las variables artificiales de manera de tener una solución inicial parecidad a la solución básica, las variables artificiales se comportan como variables de holgura en la primer iteración y luego se busca desecharlas en una iteración posterior. Para esto se penalizan las variables artificiales según el caso: Max: -M, Min: M

* Restricciones de >= 🡪 -exceso + artificial;
* Restricciones de = 🡪 artificial;
* Restricciones de <= 🡪 holgura;

**¿Cuáles son los pasos del Método Gráfico? Ventajas y Desventajas**

Paso 1: Determinación de la Región de Factibilidad:

Por condición de no negatividad, por lo tanto el espacio de soluciones se limita al primer cuadrante (X1 eje horizontal, X2 eje vertical).

Para graficar las restricciones se sustituyen las desigualdades por ecuaciones y se ubica en el gráfico la recta resultante, para dos puntos diferentes. Ahora se considera el efecto de la desigualdad, sea para arriba o por debajo de la recta resultante la limitación de la restricción, para determinar esto se eligen dos puntos y se verifica si cumplen con la desigualdad entonces es el semiplano factible.

Paso 2: Determinación de la solución óptima entre todos los puntos localizados en el espacio de soluciones: el convexo de soluciones está delimitado por los segmentos de rectas que unen los vértices, todo punto dentro o en la frontera del convexo es factible, es decir satisface las restricciones, para determinar la solución óptima, que se encuentra en un vértice, es necesario identificar la dirección en la que aumenta o disminuye la función objetivo. Se grafica la función objetivo que pasa por el punto (0,0) y se desplaza la misma: para un caso de maximización la solución óptima es el último vértice que toca la función objetivo; y para el caso de minimización es el primer punto que toca la función objetivo.

Este método tiene la ventaja que es más claro de ver los resultados a través del gráfico, y la desventaja es que solo sirve para modelar problemas con dos variables de decisión.

**¿Cuáles son los distintos casos particulares que se presentan en el modelo de PL? Describa brevemente.**

* Problema infactible: No se puede determinar la región factible, es decir no hay puntos que satisfagan todas las restricciones, en el simplex, la variable artificial que en la base.
* Región no acotada: en este caso no es posible encontrar un punto de la región factible que sea óptimo (max).
* Múltiples soluciones: se da cuando una restricción es combinación lineal de la función objetivo.
* Restricciones redundantes: existen restricciones que no intervienen en la determinación de la región factible

**¿Cuáles son los Teoremas que sustentan el Método Simplex?**

* El conjunto de soluciones factibles de un problema de PL, forma un conjunto convexo.
* La solución óptima es un vértice del convexo de soluciones.

**¿Cuál es el algoritmo básico de funcionamiento del método Simplex?**

Paso 0: determinar la solución básica factible inicial;

Paso 1: seleccione la variable de entrada empleando la condición de optimalidad. Deténgase si no hay variable de entrada. Si todos son positivos (max) o negativos (min) es la solución óptima.

Paso 2: seleccione una variable de salida utilizando la condición de factibilidad.

Paso 3: determine las nuevas soluciones básicas empleando los cálculos apropiados de guass-Jordan, vuelva al paso 1.

**¿Dónde se ubica la matriz inversa óptima en la tabla del método Simplex?**

La matriz inversa óptima se encuentra debajo de las variables slack.

**¿Cuándo una tabla del método Simplex es óptima?**

Una tabla es óptima cuando los coeficientes del renglón z asociados con las variables no básicas son positivos (max) o negativos (min).

**¿Qué casos se pueden presentar al resolver un problema por el método Simplex?**

* Solución única: los costos reducidos de las variables no básicas son estrictamente positivos (max) y negativos (min)
* Soluciones alternativas: los costos reducidos de las variables no básicas es igual a cero.
* Solución no acotada: si al efectuar el test de salida de la base, los coeficientes de la columna de la variable de entrada son no positivos.
* Problema infactible: se reconoce porque alguna variable artificial queda en la base en la tabla final.

UNIDAD III Dualidad y Análisis de Sensibilidad

**¿En qué consiste el problema dual?**

El problema dual es una PL definida en forma directa y sistemática a partir del problema original. Tal es la relación entre ambos problemas que la solución óptima de uno produce automáticamente la resolución óptima del otro. En el dual, es necesario expresar el primal en forma de ecuaciones donde todas las restricciones son ecuaciones con lado derecho y variables no negativos. La solución dual corresponde a los precios sombra de las restricciones del primal.

**¿Qué representan las variables del dual? ¿Cuál es su interpretación económica?**

Las variables reales del dual están relacionadas con los costos de cada restricción y representa el valor marginal del recurso. Si en el primal las variables representan cantidades a producir, en el dual representan costo de oportunidad y, si representan excedentes, en el dual representan valor marginal.

Las variables slack del dual están relacionadas con los costos del artículo y representan el costo de oportunidad de los artículos que no se producen.

Interpretación económica:

* Variables: en la función objetivo las variables duales representan el valor por unidad del recurso. Se conocen con el nombre abstracto de precio sombra;
* Restricciones: representan al costo por unidad de recurso y se puede considerar que la cantidad es el costo imputado de todos los recursos necesarios para producir una unidad;

**¿Cómo se relacionan las variables del dual y del primal?**

* Por cada restricción del primal se define una variable de decisión dual;
* Por cada variable de decisión del primal se define una restricción del cual;
* Los coeficientes de restricción de una variable primal definen los coeficientes en el lado izquierdo de la restricción dual y su coeficiente objetivo define el lado derecho;
* Los coeficientes objetivo del dual son iguales al lado derecho de las restricciones del primal;
* El sentido de optimización es inverso.

**¿A qué se llama Principio de Holgura complementaria?**

**¿Qué elementos del modelo de PL se pueden variar en el análisis de sensibilidad?**

Se pueden variar:

* Los coeficientes de la función objetivo;
* Los términos independientes de las restricciones;
* Los coeficientes de las restricciones;

**¿Qué información brinda el análisis de los coeficientes del funcional?**

Se pueden ver las variaciones de los rangos de los coeficientes que no alteran la solución óptima, se van a producir los mismos productos en las mismas cantidades pero con una función objetivo distinto.

**¿Qué utilidad tiene la variación de los términos independientes?**

Una variación de la restricción desplaza la misma de forma paralela, pero si no se encuentra saturada dentro de ciertos límites, el punto óptimo sigue siendo el mismo, sino se desplaza.

**¿Qué permite conocer la variación de los coeficientes tecnológicos?**

Una variación de los coeficientes tecnológicos hace oscilar las rectas de las restricciones, pero dentro de ciertos límites, el punto óptimo no se modifica.

**¿Qué diferencia hay entre análisis de sensibilidad y el paramétrico?**

El análisis de sensibilidad permite obtener resultados concretos para una variación específica de algún elemento, mientras que el análisis paramétrico permite determinar un intervalo de optimalidad para un parámetro, el cual determinará el intervalo de variación óptimo del elemento a analizar.

UNIDAD IV Programación Lineal Entera

**¿En qué consiste un problema de Programación Lineal Entera?**

Es la Programación en la cual encontramos la restricción adicional de que los valores de las variables de decisión son enteros. Se presentan condiciones de integridad, es decir se estipula que alguna o todas las variables de decisión deben tener valores enteros.

**¿Cuál es la justificación de su existencia?**

En muchos problemas prácticos, las variables de decisión alcanzan un sentido sólo si son valores enteros, por lo cual esta restricción se debe manejar en forma matemática, y se debe agregar una restricción adicional al modelo, permitiendo que se puedan modelar muchas más situaciones que en la Programación Lineal, incrementando además el costo de la resolución del problema.

**¿Qué casos se pueden presentar en PL Entera?**

* Programas Enteros Puros: en este caso los problemas exigen que todas sus variables de decisión tengan valores enteros;
* Programas Enteros Mixtos: en este caso los problemas requieren que algunas de sus variables tengan valores enteros y otras tengan valores continuos, no negativos;
* Programas Enteros 0 – 1: en este caso se restringe el valor de las variables a 0 o 1, a estos problemas se los llama binarios, permitiendo representar decisiones dicotómicas. Se presentan dos métodos para generar las restricciones que fuercen la solución óptima: 1) métodos de ramificar y acotar; 2) método de plano de corte;

**¿Cuáles son las características de un problema de Costo Fijo en PL Entera?**

En este problema se dan situaciones en la que la actividad económica incurre en dos tipos de costos, un costo fijo que es necesario para iniciar la actividad y un costo variable dependiente del nivel de la actividad.

Considerando a F como el cargo fijo, c como costo unitario variable, y siendo x el nivel de producción, expresamos la función de costo como:



**¿Cuáles son las características de un problema de Cobertura de Conjuntos en PL Entera?**

En este tipo de problemas se busca determinar la cantidad mínima de plantas que satisfagan las necesidades de servicios a las distintas instalaciones existentes. En este modelo todas las variables son binarias, todas las restricciones tienen sus coeficientes son 0 o 1 en el lado izquierdo y en el lado derecho son de la forma >= 1 y la función objetivo siempre minimiza.

**¿Cuáles son las características de un problema de uno o de otra en PL Entera?**

Esta sección se ocupa de modelos en los que las restricciones no se satisfacen al mismo tiempo, o bien, son dependientes (SI, entonces). Se utiliza un artificio matemático para representar la restricción especial como restricciones “and” (“y”).

**¿Cuáles son los métodos de resolución de un modelo de PL Entera?**

* Método de Ramificar y Acotar: el algoritmo B&B se utiliza para problemas de PL Entera Puras y Mixtas, consiste en quitar del convexo de soluciones, bandas del mismo, dentro de los cuales se encuentran soluciones continuas, sin perder soluciones enteras, además va comparando los funcionales y resguarda el mejor. La solución se encuentra en los bordes de esa banda;
* Método de Plano de Corte: este método también inicia en la solución óptima del programa lineal continuo. Se agregan restricciones especiales al espacio de soluciones, llamadas cortes, de tal forma que se produzca un punto extremo entero. Este algoritmo modifica el espacio de soluciones agregando cortes, produciendo un punto extremo entero óptimo.

**¿Cuál es el algoritmo general de funcionamiento del método ramificar y acotar en PL Entera? Ventajas y desventajas del mismo.**

Para un problema de max, se establece una cota inferior inicial z = -ꝏ del valor objetivo óptimo del PLE, se iguala i = 0.

* Paso 1 (Agotamiento/acotamiento): Se selecciona PLi, el siguiente subproblema a examinar. Se resuelve PLi y se trata de agotarlo, con una de las tres condiciones:
  + El valor z óptimo del PLE no puede producir un valor objetivo mejor que la cota inferior actual;
  + PLi produce una solución entera factible mejor, que la cota inferior actual;
  + PLi no tiene solución factible

Se presentan dos casos:

* + Si PLi está agotado y se encuentra una solución mejor, actualizar la cota inferior. Si todos los subproblemas se han agotado, detenerse. El PLE óptimo corresponde a la cota inferior actual, si la hay. Caso contrario igualar i = i + 1 y repetir el paso 1.
  + Si PLi no está agotado, seguir con el paso 2
* Paso 2 (Ramificación): Seleccionar uno de los valores enteros, Xj cuyo valor óptimo Xj\* en la solución del PLi no sea entero.

Cree los dos subproblemas de PL correspondiente a

Establezca i = i + 1, y vuelva al paso 1.

La ventaja de este algoritmo es que detecta en que ramificación las soluciones dadas ya no están siendo óptimas, para podar esa rama del árbol y no seguir desperdiciando recursos. Como desventaja encontramos que no existe una teoría sólida con resultados consistentes en cuanto a la elección del siguiente subproblema y su variable de ramificación.

**¿Cuál es el algoritmo general de funcionamiento del método de Gomory en PL Entera?**

El algoritmo consiste en agregar cortes a la solución óptima continua de PL, los puntos agregados no eliminan ninguno de los puntos enteros factibles originales, pero al menos deben pasar por un punto entero factible o no factible (Requerimientos básicos de cualquier corte).

Se comprueba si la optimización encontrada es también una solución entera, de no ser así, es añadida una nueva restricción que corta la solución no entera pero no corta ningún otro punto de la región factible. Esto se repite hasta que se encuentra la solución entera óptima X\*.

**¿Cómo se resuelven los problemas por enumeración implícita en PL Entera?**

Se basa en el hecho de que un número de puntos que pueden ser solución óptimo es finito, de manera que se pueda buscar la solución mediante la numeración implícita o explícita de dichos puntos y escoger la mejor.

Los problemas por enumeración implícita se aplican a problemas de tipo binario y utilizan reglas de numeración que permitan obtener la solución óptima enumerando parte de las posibles soluciones permitiendo descartar además sin necesidad de enumerarla explícitamente.

UNIDAD V Programación No Lineal – Teoría Clásica

**Desarrolle los conceptos de óptimo local y global**

Un punto extremo de una función f(x) define un máximo o un mínimo de la función

Xo es:

Máximo si: f(Xo + h) ≤ f(Xo)

Mínimo si: f(Xo + h) ≥ f(Xo)

Para una función definida en un intervalo a ≤ x ≤ b:

f(Xo) es un máximo:

* Global o absoluto si: ∀ x є [a, b]: f(Xo) ≥ f(X) (no estricto) y f(Xo) > f(X) (estricto)
* Local o relativo si: f(Xo) es un máximo, es decir, f(Xo + h) ≤ f(Xo)

F(Xo) es un mínimo:

* Global o absoluto si: ∀ x є [a, b]: f(Xo) ≤ f(X) (no estricto) y f(Xo) < f(X) (estricto)
* Local o relativo si: f(Xo) es un mínimo, es decir, f(Xo + h) ≥ f(Xo)

**Como se resuelve el caso de Programación No Lineal de forma cuadrática**

El problema consiste en resolver un sistema de ecuaciones lineales con restricciones adicionales no lineales. La solución factible que satisfaga todas esas condiciones debe ser única y óptima.

La solución del sistema se obtiene usando la fase 1 del método de dos fases en la cual se agregan dos restricciones: λi si Si = 0 y μj xj = 0 donde

* λi y Si no pueden ser positivas al mismo tiempo;
* μj y xj no pueden ser positivas al mismo tiempo;
* En la fase I se igualarán a cero todas las variables artificiales sólo si el problema tiene un espacio factible.

**¿A qué se llama matriz positiva definida o semidefinida?**

Matriz positiva definida: dada una matriz cuadrada n \* n, para cada determinante de orden i, se cumple que Hi > 0, con i de 1 a n

Matriz positiva semidefinida: dada una matriz cuadrada n \* n, para cada determinante de orden i, se cumple que Hi ≥ 0, con i de 1 a n.

**¿Cuándo una función es convexa? ¿Cuándo una región factible es convexa? ¿Qué casos combinados se pueden representar?**

**Enuncie las condiciones necesarias y suficientes de óptimo local no condicionado**

Condición necesaria para un extremo:

Condición suficiente para un extremo: que la matriz Hessiana H evaluada en Xo satisfaga las siguientes condiciones:

1.- Que H sea positiva definida si Xo es un punto mínimo.

2.- Que H sea negativa definida si Xo es un punto máximo.

**¿Cuáles son los distintos métodos de resolución de la Programación no Lineal? ¿En qué consiste la derivación gráfica de las condiciones necesarias de óptimo local de problemas no lineales restringidos por igualdades?**

Los métodos de resolución de Programación Lineal se pueden clasificar en:

* Algoritmos directos:
  + Método del Gradiente: busca el max (min) de un problema siguiendo la mayor tasa de aumento (disminución) de la función objetivo.
* Algoritmos indirectos:
  + Programación cuadrática;
  + Programación convexa separable;
  + Programación estocástica;

**Enuncie las condiciones necesarias y suficientes de óptimo local para problemas no lineales con restricciones de igualdad**

**¿Qué se define como óptimo local restringido?**

**Características de la Programación No Lineal**

**Explique el Método del gradiente Proyectado**

La idea es generar puntos sucesivos en la dirección del gradiente de la función, terminando en el punto donde el vector gradiente se vuelve nulo. Siendo esta la única condición necesaria para la optimalidad.

Para un f(x) max, con Xo como punto inicial, se define como el gradiente de f en el punto Xk. Se desea determinar una ruta particular p a lo largo de la cual se maximice

Para esto se debe seleccionar los puntos sucesivos y de modo que:

siendo *r*  el **tamaño del paso** óptimo en **X***k,* (r un escalar)

Como el punto está únicamente en función de r, se reemplaza el punto en la función y se obtiene r:

El procedimiento termina cuando dos puntos de prueba sucesivos son aproximadamente iguales, es decir

**Qué significado tiene el λ en el lagrangiano (L(x,λ,s)**

Tiene la misma interpretación que los coeficientes de sensibilidad del jacobiano, y no está restringido por el signo

**¿Por qué se justifican las condiciones de Khun y Tucker?**

**¿Cómo se realiza la derivación de las condiciones necesarias y suficientes de óptimo local para problemas no–lineales restringidos por desigualdades (condiciones de Kuhn–Tucker)? Explique la justificación de su existencia**

Teniendo la restricción g(x) ≤ 0 una condición necesaria para optimalidad es que λ sea no negativa (no positiva) para una caso de max (min)

**¿Cuáles son las condiciones suficientes de óptimo global para problemas no–lineales con restricciones de desigualdad?**

**¿Cómo se realiza la representación gráfica de un problema no–lineal?**

**¿Cuál es el algoritmo general de funcionamiento de los métodos de búsqueda directa?**

Consiste en identificar el intervalo de incertidumbre que comprenda al punto de solución óptima. El procedimiento localiza el óptimo estrechando en forma progresiva el intervalo de incertidumbre hasta cualquier grado de exactitud que se desee

**¿Cuál es el algoritmo general de funcionamiento del método del gradiente?**

La idea es generar puntos sucesivos en la dirección del gradiente de la función, partiendo de un punto inicial.

El final del método del gradiente se encuentra en el punto donde el vector gradiente se anula. Esta sólo es una condición necesaria para la optimalidad, pero no suficiente.

El procedimiento propuesto termina cuando dos puntos de prueba sucesivos Xk y Xk+1 son aproximadamente iguales.

**¿En qué consiste la Programación convexa?**

Es un caso especial de la programación separable y se da cuando gij(xj) es convexa para toda i y j, asegurando así un espacio convexo de soluciones.

Además si fj(xj) es convexa (minimización) o cóncava (maximización) para toda j, el problema tiene un óptimo global

**¿Cuándo se tiene un problema de Programación geométrica?**

**¿Cuáles son las características de la Programación estocástica?**

* Los parámetros de las restricciones son variables aleatorias;
* Las restricciones se llevan a cabo con una probabilidad mínima;

**¿En qué consiste el método de combinaciones lineales?**

Consiste en determinar un punto factible X = X\* de modo que f(X) se maximice sujeta a las restricciones del problema.

**¿Cuál es el mecanismo general de funcionamiento del algoritmo SUMT?**

El procedimiento es más o menos semejante al método del Lagrange.

Se inicia seleccionando arbitrariamente un valor no negativo para t, se selecciona un punto inicial X0 como la primera solución de prueba.

El resultado principal es que los puntos de solución sucesivos son siempre puntos interiores, entonces el problema siempre puede tratarse como un caso no restringido.

Termina cuando 2 valores sucesivos de t, los óptimos de X obtenidos maximizando p(X,t) son los mismos.

UNIDAD VI Modelo de Redes

**¿Qué conceptos se definen específicamente en la terminología de redes?**

El concepto de redes puede utilizarse en muchas situaciones, como por ejemplo, en el diseño de redes de gasoductos o tuberías, en la determinación de la ruta más corta que une ciudades, en la determinación del cronograma de actividades de un proyecto, todas con el objetivo de optimizar recursos. De esto surgen 5 algoritmos

* + Árbol de expansión mínima;
  + Algoritmo de la ruta más corta;
  + Algoritmo de flujo máximo;
  + Algoritmo de red capacitada con costo mínimo;
  + Algoritmo del a ruta crítica;

Una red es una serie de nodos enlazados con arcos (N, A). Un arco es dirigido si permite un flujo positivo en una dirección y flujo cero en la dirección opuesta.

Una ruta es una sucesión de arcos distintos que unen dos nodos pasando por otros.

**¿Cuál es el mecanismo general de funcionamiento del algoritmo del Árbol de Expansión Mínima?**

Consiste en unir los distintos nodos de una red, con la mínima longitud de las ramas. El objetivo es minimizar la distancia total de caminos.

Procedimiento:

Se definen tres conjuntos:

* Conjunto de nodos , N = {1,2,…n};
* Conjunto de nodos conectados en la iteración k, Ck; \_
* Conjunto de nodos que no han sido conectados en la iteración k, Ck;

\_

Paso 0: El conjunto C0 = {} y C0 = N; \_

Paso 1: C1 = nodo inicial del conjunto N = {i} y C1 = N – {i};

Paso general k: Seleccionar un nodo cualquiera del conjunto No conectado Ck-1 que produzca el arco más corto un nodo del conjunto Conectado Ck-1, y agregarlo al conjunto Conectado y sacarlo del conjunto No Conectado.

Cuanto el conjunto No Conectado = {}; detenerse, caso contrario continuar con las iteraciones K+1 y repetir el paso.

**¿Cuáles son las características del problema de la ruta más corta? ¿Cómo se formula el problema? ¿Cómo funciona el algoritmo de resolución?**

Determina la ruta más corta entre un origen y un destino de red de transporte.

El problema se puede formular como una red, con los nodos a utilizar y determinar que nodos se pueden alcanzar desde uno a otro, indicando la longitud de arco correspondiente, una vez que se tiene armado la red se busca determinar cuál es la ruta más corta entre el nodo inicial y final

**¿Qué elementos distintivos tiene un problema de Flujo Máximo? ¿En qué consiste la enumeración de cortes? ¿Cuál es el mecanismo general de funcionamiento del Algoritmo del Flujo Máximo?**

Se utiliza para determinar la capacidad máxima de la red cuando ésta tiene un límite de capacidad de flujo. Se utiliza un elemento denominado Cortes.

Cortes: un corte es un conjunto de arcos que al ser eliminados de la red, provocan la interrupción total del flujo entre los nodo fuente y destino. La **Capacidad de Corte** es igual a la suma de las capacidades de los arcos. De todos los cortes, el que tiene la capacidad mínima determina el flujo máximo de la red.

Algoritmo de Flujo Máximo: Busca determinar **rutas de interrupción** con flujo neto positivo entre los nodos fuente y destino, cada ruta destina una parte de o todas las capacidades de sus arcos al flujo total en la red.

Paso 1: Se etiqueta el nodo fuente [ꝏ, -], se igual i = 1 y se pasa al paso 2.

Paso 2: Determinar el conjunto Si, el conjunto de nodos no etiquetados j al que se puede llegar desde i, es decir cij > 0, si Si ≠ {}, ir al paso 3, sino ir al paso 4.

Paso 3: Determinar k є Si de modo que

cik = max {cij}

Designe ak = cik y etiquete el nodo k con [ak, i]. Si k = n, el nodo sumidero ha sido etiquetado, y se encontró una *ruta de avance,* ir al paso 5, de lo contrario, i = k y vuelva al paso 2.

Paso 4: (Retroceso) Si i = 1, no se puede avanzar, ir al paso 6, de lo contrario si r es el nodo etiquetado inmediatamente antes del nodo actual i, eliminar el nodo i del conjunto de nodos adyacentes a r. i = r, volver al paso 2.

Paso 5: (Determinación de Residuos) Definir los nodos de la ruta de avance del nodo 1 al nodo n. Entonces:

fp = min {a1, ak1, ak2, …, an}

La capacidad residual de cada arco a lo largo de la ruta de avance se reduce en fp en la dirección del flujo y se incrementa en fp en la dirección inversa.

Paso 6: (Solución) dado las m rutas de avance, el flujo máximo es en la red es

F = f1 + f2 + … + fm

**¿En qué consiste un problema de Flujo Capacitado con Costo Mínimo? ¿Cómo se realiza la representación en red? ¿Cómo se puede plantear este problema utilizando la formulación con Programación Lineal? ¿Cuál es el procedimiento general de funcionamiento del algoritmo simplex de red capacitada?**

El problema de Flujo Capacitado con Costo Mínimo se basa en las siguientes Hipótesis:

* A cada arco se le asocia un costo de flujo unitario;
* Los arcos pueden tener límites inferiores positivos de capacidad;
* Todo nodo en la red puede funcionar como fuente o como destino;

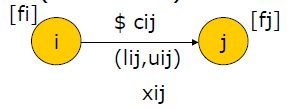
Representación: Se tiene una red capacitada G = (N, A), N = conjunto de nodos y A = conjunto de arcos, y se definen:

Xij = cantidad de flujo del nodo i al nodo j;

Uij (Lij) = capacidad máx (min) del arco (i, j);

Cij = costo de flujo unitario del nodo i al nodo j;

fi = flujo neto en el nodo i;



[fi] supone un valor positivo (negativo) cuando hay una oferta o sumidero neto (demanda) asociada al nodo i.

**¿En qué consisten los métodos PERT y CPM? Diferencias y similitudes de cada uno. ¿Cómo se realiza la representación en red? ¿Cómo se calcula la ruta crítica? ¿Cómo se construye el cronograma? ¿En qué consiste la formulación del método de la ruta crítica con PL, redes PERT?**

Estos métodos se basan en redes y tienen por objeto auxiliar en la planeación, programación y control de proyectos. Es decir, contar con un método analítico para programar las actividades.

El proyecto es definido como un conjunto de actividades interrelacionadas, las cuales consumen tiempo y recursos.

En el CPM se suponen duraciones determinísticas de actividad, mientras que en el PERT se suponen duraciones probabilísticas

Representación en RED:

* Las actividades se representan con un arco con dirección al avance del proyecto;
* Los nodos establecen las relaciones de precedencia entre las diferentes actividades del proyecto;

Para configurar la red se dispone de dos reglas:

**Regla 1:** Cada actividad se representa con un arco, y sólo uno;

**Regla 2:** Cada actividad se debe identificar con dos nodos distintos;

\*Para representar actividades concurrentes se utilizan actividades ficticias, las cuales no consumen tiempo ni recursos, se representan con un arco de línea interrumpida.

*Para mantener las relaciones de precedencia correctas es necesario contestar las siguientes preguntas al agregar una nueva actividad a la red:*

*¿Qué actividades deben anteceder inmediatamente a la actividad actual?*

*¿Qué actividades deben seguir inmediatamente a la actividad actual?*

*¿Qué actividades deben efectuarse de manera concurrente con la actividad actual?*

Al finalizar el programa del proyecto se obtiene la duración total necesaria para terminar el proyecto, y la clasificación de las actividades en Críticas y No Críticas

Una actividad es crítica si no hay margen en la determinación de sus tiempos de inicio y término, y una actividad es no crítica si permite alguna holgura en su programación, pudiendo adelantar o retrasar el inicio de la actividad.

Calculo de la Ruta Crítica**:**

* Se define al nodo como un evento en el cual se indica el tiempo en el que inicia la tarea y el tiempo en el cual finaliza.
* tj = tiempo más temprano de ocurrencia del evento j;
* Tj = tiempo más tardío de ocurrencia del evento j;
* Dij = duración de la actividad (i, j);

Calcular la ruta crítica implica dos pasos:

* + **Paso hacia adelante**: determina los tiempos más tempranos de los eventos, inician en el nodo 1 y avanza hacia el final, finaliza cuando se calcula el tiempo más temprano de ocurrencia en el nodo n.

**Paso inicial**: poner el nodo 1 = 0, indicando que el proyecto inicia en el tiempo 0.

**Paso general**: para determinar el tiempo más temprano del nodo j se suman el tiempo temprano del nodo i más la duración de la actividad (i,j) si al nodo j llega más de una actividad se selecciona como tiempo más temprano de ocurrencia del evento j, el de mayor valor.

* + **Paso hacia atrás:** determinan los tiempos más tardíos de los eventos, inician en el nodo n y terminan en el nodo 1.

**Paso inicial:** igualar tn = Tn, indicando que en el último nodo las ocurrencias más tempranas y más tardías son iguales.

**Paso general:** para determinar el tiempo más tardío del nodo i se suman los tiempos más tardíos del nodo j más la duración de la actividad (i, j), si al nodo i llega más de una actividad se selecciona como tiempo más tardío de ocurrencia del evento i, el de menor valor.

De esto surge que una actividad es crítica si se satisface las siguientes 3 condiciones:

ti = Ti;

tj = Tj;

Tj – Ti = tj – ti = Dij

Cronograma:

Método de la ruta crítica con Programación lineal:

CPM busca la ruta más larga entre los nodos de inicio y fin de la red de proyecto, por lo tanto la formulación de PL es semejante a la PL del modelo de la ruta más corta, con la diferencia de que la función objetivos se Maximiza en vez de Minimizarse.

Entonces:

Xij = Cantidad de flujo de la actividad (i, j) para toda i y j definidas;

Dij = Duración de la actividad (i, j) para toda i y j definidas;

Max Z = ∑ Dij Xij

Para cada nodo hay una restricción que representa la conservación del flujo:

Flujo de entrada total = Flujo de salida total.

**RED PERT:**

A diferencia del CPM, PERT basa la duración de una actividad en tres estimaciones:

* Tiempo optimista a, donde se supone que la ejecución va extremadamente bien;
* Tiempo más probable ni, donde se supone que la ejecución se hace bajo condiciones normales;
* Tiempo pesimista b, donde se supone que la ejecución va extremadamente mal;

Entonces el tiempo promedio de duración D y la varianza v, se calcula

\_

Para calcular el camino crítico se sustituye la duración de CPM por la Duración estimada de PERT

**UNIDAD VII Modelos de Inventario**

**¿Qué estudia la teoría de stock, que modelos plantea y en qué se diferencia cada uno?**

La teoría de stock estudia los problemas que tienen que ver la determinación de las cantidades de una materia prima o producto a mantener para permitir un adecuado abastecimiento de los mismos para así responder a las demandas a futuro, es decir busca el equilibrio entre dos soluciones extremas, el no almacenar nada y el almacenar una cantidad suficiente. Plantea el modelo de stock simple y el modelo de demanda aleatoria.

* Modelo de stock sin agotamiento: Existe demanda constante y reposición por lotes.
* Modelo de stock sin agotamiento y con stock de protección: a diferencia del anterior, este modelo agrega un stock mínimo.
* Modelo de stock con agotamiento: a diferencia de los modelos anteriores, este establece el agotamiento de las existencias, lo que implica un costo generado por el mismo.
* Modelo triangular: a diferencia del primer modelo, la reposición en este caso se hace en un cierto tiempo.
* Modelo de producción variable de acuerdo al tamaño de lote:

**¿Cuáles son las características del modelo general de inventario determinístico?**