



## Programa de Diseño Topológico de Redes

### 1. NOMBRE DE LA UNIDAD CURRICULAR

Diseño Topológico de Redes.

### 2. CRÉDITOS

11 créditos.

### 3. OBJETIVOS DE LA UNIDAD CURRICULAR

La determinación de la topología de redes de alto porte consiste en problemas combinatorios usualmente de orden exponencial en su resolución exacta. En la práctica, encontrar soluciones factibles que mejoren en pocos puntos porcentuales soluciones ya existentes, redundando en ahorros significativos para las empresas constructoras. El propósito central del curso es introducir a la metodología y la modelación de problemas de diseño de redes con altos niveles de conectividad de forma de obtener topologías de bajo costo robustas ante fallas en links y/o servidores. El estudiante se capacitará en tópicos inherentes a la modelación de problemas de diseño de la estructura topológica de redes con niveles de supervivencia preestablecidos y la resolución aproximada de éstos mediante el diseño de algoritmos a medida.

### 4. METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA

Es un curso teórico - práctico en el cual los estudiantes deberán realizar una prueba escrita y entregar una carpeta con resolución de ejercicios. Las horas del curso están distribuidas de la siguiente manera:

- Horas clase (teórico): 52
- Horas evaluación escrita: 4
- Horas consulta: 10
- Horas resolución ejercicios/prácticos: 100

Total de horas de dedicación del estudiante: 166

## 5. TEMARIO

- 1) Introducción – Motivación.
- 2) Fundamentos básicos de la Teoría de Grafos.
- 3) Conectividad en Grafos:
  - i) Componentes conexas de un grafo; conjuntos de separación; conjuntos de corte; nodo de articulación; arista puente.
  - ii) Definiciones de  $k$ -arista-conectividad,  $k$ -nodo-conectividad y relación entre ellas.
  - iii) Caracterización de topologías de cubrimiento minimales (árboles).
  - iv) Teorema de Mader (condición suficiente de  $k$ -conectividad).
  - v) Contracción en un grafo.
  - vi) Redes 2-conexas:
    - a) Caracterización,
    - b) Operaciones que preservan la 2-conexidad.
    - c) Aplicación en modelos topologicamente robustos.
    - d) Caso Particular: Ciclos Hamiltonianos.
  - vii) Redes 3-conexas:
    - a) Caracterización (Teorema de Tutte),
    - b) Operaciones que preservan la 3-conexidad.
    - c) Aplicación en modelos topologicamente robustos.
  - viii) El Teorema de Menger.
  - ix) Teorema de Ford-Fulkerson y su aplicación para la determinación de un conjunto de corte en un grafo.
  - x) Condición necesaria y suficiente para la existencia de  $k$  árboles de cubrimiento arista-disjuntos en un grafo (Teorema de Tutte-Nash-Williams).
- 4) Diseño de redes con niveles de sobrevivencia prefijados:
  - i) Definición de la  $k$ -nodo-(resp. arista)-sobrevivencia respecto a un conjunto distinguido de nodos de una red.
  - ii) Problemas:
    - a) ECON - Encontrar la sub-red de costo mínimo que satisfaga ciertos requerimientos de arista-sobrevivencia preestablecidos.
    - b) NCON - Encontrar la sub-red de costo mínimo que satisfaga ciertos requerimientos de nodo-sobrevivencia preestablecidos.
    - c) Casos particulares del ECON y NCON:  $k$ NECON,  $k$ NCON, 2NCON, 2ECON, etc.
  - iii) Casos particulares del NCON/ECON resolubles en tiempo polinomial.
  - iv) Formulación del ECON y NCON como problemas de programación lineal entera.
  - v) Condición necesaria para que una red sea  $k$ -nodo-conexa (Lema de Harary).
  - vi) Condición necesaria para que una red satisfaga requerimientos de conectividad heterogeneos (Lema de Chou-Frank).
  - vii) Número mínimo de aristas a agregar en una red dada, de forma de alcanzar requerimientos de conectividad preestablecidos (Teorema de Frank).

- 5) Resultados estructurales para redes con desigualdad triangular entre los costos de los arcos:
  - i) Modelos MWkVCSN y MWkECSN: el problema de encontrar el subgrafo k-nodo-conexo (resp. k-arista-conexo) de costo mínimo que cubre los nodos de un grafo completo.
  - ii) Caso particular (k=2): modelos MW2VCSN- MW2ECSN con desigualdad triangular:
    - a) Condiciones equivalentes para la 2-nodo-conectividad de un grafo (Teorema de Berge).
    - b) Existencia y estructura de una solución óptima 2-nodo-conexa para el problema MW2VCSN (Teorema de Monma et al.).
    - c) Condición suficiente para que una solución factible a un problema MW2VCSN (resp. MW2ECSN) con función de distancia canónica sea solución óptima global (Teorema de Monma et al.).
  - iii) Modelos MWkVCSN y MWkECSN con  $k \geq 3$  y desigualdad triangular:
    - a) Existencia y estructura de una solución óptima k-arista-conexa para el problema MWkECSN (Teorema de Bienstock et al.).
    - b) Existencia y estructura de una solución óptima k-nodo-conexa para el problema MWkVCSN (Teorema de Bienstock et al.).
    - c) Condición necesaria de una solución óptima del MWkVCSN satisfaciendo la condición  $|V| \geq 2k$  (Teorema de Bienstock et al.).
- 6) Algoritmos clásicos de diseño topológico: Heurística de Steiglitz, Heurística de Goemans-Bertsimas, etc.
- 7) Introducción a la Confiabilidad Estructural.
- 8) Heurísticas a medida como herramientas de diseño:
  - i) Construcción *greedy* de soluciones factibles.
  - ii) Algoritmos de Búsqueda Local.
- 9) Resolución Heurística-Greedy de los problemas:
  - i) GSP (Generalized Steiner Problem).
  - ii) STNCSP (Steiner 2-node-connected subgraph problem).
  - iii) SPG (Steiner Problem in Graphs).
  - iv) STSP (Steiner Traveling Salesman Problem).
  - v) RSP (Ring Star Problem).
- 10) Presentación de los problemas de diseño topológico que deberán resolver los estudiantes.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

Tema	Básica	Complementaria
Punto 1 del Temario	3	
Punto 2 del Temario	3	
Punto 3 del Temario	3	
Punto 4 del Temario	1	
Punto 5 del Temario	1	4
Punto 6 del Temario	1	
Punto 7 del Temario	2	
Punto 8 del Temario		4
Punto 9 del Temario		4
Punto 10 del Temario		4

### 6.1 Básica

1. Design of Survivable Networks, Mechthild Stoer. Springer-Verlag 1992. (3-540-56271-0)
2. The Combinatorics of Network Reliability. Oxford University Press 1987. (0-19-504920-9)
3. Graph Theory, Reinhard Diestel. Springer 1997. (0-387-98210-8)

### 6.2 Complementaria

4. Artículos científicos a ser proporcionados por el docente.

## 7. CONOCIMIENTOS PREVIOS EXIGIDOS Y RECOMENDADOS

### 7.1 Conocimientos Previos Exigidos:

Conocimientos de teoría de grafos y teoría de probabilidades.

### 7.2 Conocimientos Previos Recomendados:

Se recomienda tener conocimientos de optimización combinatoria.

**ANEXO A****A1) INSTITUTO**

Instituto de Computación.

**A2) CRONOGRAMA TENTATIVO**

Semana 1	Punto (1) del Temario. (4 horas de Teórico)
Semana 2	Punto (2) del Temario. (3 horas de Teorico + 1 de consulta)
Semana 3	Punto (3) del Temario. (3 horas de Teorico + 1 de consulta)
Semana 4	Punto (3) del Temario. (3 horas de Teorico + 1 de consulta)
Semana 5	Punto (3) del Temario. (3 horas de Teorico + 1 de consulta)
Semana 6	Punto (4) del Temario. (3 horas de Teorico + 1 de consulta)
Semana 7	Punto (4) del Temario. (3 horas de Teorico + 1 de consulta)
Semana 8	Punto (4) del Temario. (3 horas de Teorico + 1 de consulta)
Semana 9	Punto (5) del Temario. (3 horas de Teorico + 1 de consulta)
Semana 10	Punto (5) del Temario. (3 horas de Teorico + 1 de consulta)
Semana 11	Punto (6) del Temario. (3 horas de Teorico + 1 de consulta)
Semana 12	Punto (7) del Temario. (4 horas de Teórico)
Semana 13	Punto (8) del Temario. (4 horas de Teórico).
Semana 14	Punto (9) del Temario. (4 horas de Teórico).
Semana 15	<b>Evaluación Escrita</b> (4 horas).
Semana 15	Punto (10) del Temario (6 horas de teórico). Entrega de carpeta de ejercicios.

**A3) MODALIDAD DEL CURSO Y PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN**

- 1) El curso tiene 52 horas de clases teóricas.
- 2) En la última semana del curso se hará una prueba escrita teórica y eliminatoria de 4 horas de duración. Deberán superar el 60% de los puntos de la prueba.
- 3) Durante el curso se fijarán clases de consultas adicionales con un total de 10 horas específicas dedicadas para la preparación de la prueba escrita.
- 4) Como trabajo final, el estudiante entregará una carpeta de problemas teórico-prácticos que deberá resolver detalladamente y documentar mediante un informe individual, que elaborará a medida que transcurre el curso y entregará en la última semana. Los ejercicios/problemas a resolver llevarán no menos de 100 horas de dedicación por parte del estudiante.

### **Evaluación:**

Evaluación escrita final y un proyecto final a entregar mediante informe una vez terminado el dictado de clases teóricas.

- La evaluación escrita es eliminatoria y de 4 horas de duración. Deberán superar el 60% de los puntos de la prueba. Se evaluarán aspectos teóricos de lo dictado en el curso.
- El proyecto final consta de una carpeta de problemas a resolver aplicando los conocimientos vistos en el curso. Cada estudiante deberá entregar mediante un informe la resolución de los problemas en detalle. (cierta cantidad de problemas, a determinar por los docentes, serán de carácter obligatorio).

Sobre la nota final: Para la nota final se tendrá en cuenta en un 75% lo realizado en el proyecto final (carpeta de problemas), un 15% la nota de la evaluación escrita eliminatoria, un 10% la asistencia al curso (altamente recomendable asistir a todas las clases para hacer un seguimiento profundo del contenido).

### **A4) CALIDAD DE LIBRE**

Esta unidad curricular no adhiere a la resolución de calidad de libre.

### **A5) CUPOS DE LA UNIDAD CURRICULAR**

No hay cupos.

**ANEXO B para la(s) carrera(s) Ingeniería en Computación (plan 97) y Licenciatura en Computación**

**B1) ÁREA DE FORMACIÓN**

Investigación Operativa

**B2) UNIDADES CURRICULARES PREVIAS**

Para el Curso: Examen aprobado de:  
Introducción a la Investigación de Operaciones

Para el Examen: No aplica

**ANEXO B para la carrera Ingeniería en Computación (plan 87)**

**B1) ÁREA DE FORMACIÓN**

No corresponde

**B2) UNIDADES CURRICULARES PREVIAS**

Para el Curso: Previas comunes a las electivas y  
Examen aprobado de:  
Introducción a la Investigación de Operaciones

Para el Examen: No aplica

Observación: Esta unidad curricular se corresponde con una electiva

APROB. RES. CONSEJO DE FAC. ING.

Fecha 27/3/18 Exp. 060120-001784-18