



**Programa de  
DISEÑO Y CÁLCULO DE REDES GEODÉSICAS**

**1. NOMBRE DE LA UNIDAD CURRICULAR**

Diseño y cálculo de redes geodésicas

**2. CRÉDITOS**

9 créditos

**3. OBJETIVOS DE LA UNIDAD CURRICULAR**

El objetivo principal de esta asignatura es brindar y disponer los elementos teóricos, metodológicos y prácticos necesarios de forma tal que el estudiante al finalizar el mismo, sea capaz de realizar Pre Análisis, Diseño, Selección de Instrumental, Medición, Procesamiento, Cálculo y Control de Calidad de Redes Geodésicas de Alta Precisión.

**4. METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA**

De acuerdo a los créditos asignados, los tiempos son:

TEORICO: 2.5 horas semanales  
PRACTICO: 2.5 horas semanales

Este conjunto de horas de dedicación estimadas son de tipo presencial, pudiendo eventualmente ser reemplazadas en parte con actividades en forma remota, estando disponible en EVA apuntes confeccionados por el docente y bibliografía compilada por el mismo.

En este contexto se estima una dedicación extra aula por parte del estudiante, de 4 horas semanales.

La idea central en cuanto a la Metodología, es que el curso se desarrolla sobre 4 líneas principales de Estudio, estructurado en parte mediante la Metodología del Caso y Clases Teóricas y Prácticas, cuyo eje central temático es el Diseño y Cálculo de Redes Geodésicas.

Estas líneas de trabajo son :

- 1) Pre-Análisis y Diseño de Redes
- 2) Implantación, Medición y Procesamiento de Observaciones
- 3) Análisis de Datos y Cálculo
- 4) Control de Calidad y Fiabilidad de la Red.



Durante el curso, las Clases Teóricas son brindadas por el docente proponiendo una metodología ágil, crítica y activa con el estudiante, conectando en todo momento el contenido teórico, con los trabajos prácticos que se desarrollen de acuerdo a lo planificado. En este marco se incentivará al estudiante a desarrollar una actitud activa y de búsqueda de otras fuentes de conocimiento sobre los temas propuestos en el curso, y eventualmente presentar los resultados al resto del grupo.

En el caso de las clases prácticas, las mismas se desarrollarán en forma similar a las teóricas, enfocadas en que los trabajos de los Casos propuestos sean llevados adelante con un seguimiento de la trayectoria por parte del docente en forma activa.

Esta forma permite al docente y estudiante, poder construir el trabajo en forma progresiva y constante aplicando durante el trayecto los correctivos que correspondan.

Esta forma de seguimiento incluye no solamente el componente presencial, sino el remoto a través de intercambio en el foro de EVA o eventualmente mails.

En todo momento el Equipo Docente acompaña al estudiante en el aprendizaje y en particular en la realización de las Monografías descritas en el punto A3.

## 5. TEMARIO

1. **Ecuaciones de Condición.** Número, Condiciones Mínimas, Correlación Lineal, Condición Cero, Diseño.
2. **Ajuste por Grupos (Condición de Kruger).** Teoría, Ajuste Condicional Secuencial, Ajuste Condicional con Parámetros Desconocidos.
3. **Ajuste por Elementos.** Ajuste Secuencial por Elementos, Problema del Datum.
4. **Matrices Inversas Generalizadas.** Factorización por Rango, Teoremas, Inversas Mínima Norma / MN.LS Inversa, Soluciones Consistentes con Sistemas Lineales.
5. **Estimación de los Componentes de la Varianza-Covarianza.** Descomposición de la Matriz V-C. Método de Helmert, BQUE, MINQUE, BLUE. Estimadores Robustos, Data Snooping, Testeos Avanzados, Estudio Simultáneo y Detección de Errores Groseros y Componentes de la Varianza, Otros Métodos. Estimación de la Varianza a-priori y posteriori.
6. **Filtrado y Predicción.** Conceptos Básicos, Predicción de Wiener-Hopf, Predicción Discreta W-H., Modelos Matemáticos para Sistemas Dinámicos Lineales, Filtrado de Kalman.
7. **Introducción al Análisis de Redes.** Métodos para el Establecimiento de una Red Geodésica de Control, Pre Análisis y Simulación, Redes Horizontales, Mediciones Combinadas EDM-GNSS, Diseño Orden Cero, Diseño Primer Orden, Diseño Segundo Orden, Diseño de Tercer Orden, Criterios de Diseño.
8. **Redes GNSS.** Diseño, Análisis, Ajustes, Optimización, Redes Libres, Redes Condicionadas, Redes de Control de Alta Precisión, Introducción a la Metodología Monte Carlo de Simulación.
9. **Observables.** Observables Angulares y Longitudinales, Controles de Fiabilidad,



Reliability Interna y Externa, Observables GNSS, Fijación de Ambigüedades, Invariables, Análisis de Matrices Covarianza del Ajuste, Depuración de las Observaciones, Análisis de Errores Sistemáticos en GNSS, Análisis de Varianzas, Transformación de Coordenadas.

10. **Procesamiento y Ajustes de Observaciones de Redes GNSS.** Análisis Robusto de Datos Geodésicos, Elipses de Error, Estándares, Procesamiento de Redes Nacionales y SIRGAS.

11. **Definición de Alturas y su Procesamiento en Ajustes de Redes.**

## BIBLIOGRAFÍA

Tema	Básica	Complementaria
<b>1 Repaso de Conceptos generales sobre Ajustes. Método de los Mínimos Cuadrados.</b>	(2-3-4-7-8-9)	(35-36-43-44)
<b>2 Ajuste con Condiciones Lineales</b>	(2-3-4-7-8-9-11-22)	(35-36-37-38-39-40)
<b>3 Ajuste por Elementos</b>	(2-3-4-7-8-9-11-22)	(35-36-37-38-39-40-41-42-43-44)
<b>4 Matrices Covarianza-Peso-Cofactor</b>	(2-3-4-7-8-9-11-22)	(35-36-37-38-39-40-41-42-43-44)
<b>5 Propagación de Errores en los Ajustes</b>	(2-3-4-7-8-9-11-22)	(35-39-40-41-42-43-44)
<b>6 Ajustes Generales por M.M.C</b>	(2-3-4-7-8-9-11-13-18-20-22)	(35-36-37-38-39-40-41-42-43-44)
<b>7 Conceptos Introdutorios a Matrices Inversas Generalizadas</b>	(2-3-4-7-8-9-11-13-18-20-22)	(35-36-37-38-39-40-41-42-43-44)
<b>8 Estimación de Componentes de la Varianza-Covarianza</b>	(2-3-4-6-7-8-9-11-13-18-20-22)	(35-36-37-38-39-40-41-42-43-44)
<b>9 Introducción a Aplicaciones Especiales y Análisis de Redes.</b>	(1-2-3-4-5-7-8-9-10-11-12-13-14-15-16-17-18-19-20-21-22-23-24-25-26)	(35-36-37-38-39-40-41-42-43-44)
<b>10 Procesamiento y Ajustes de Observaciones de Redes GNSS</b>	(1-2-3-4-5-7-8-9-10-11-12-13-14-15-16-17-18-19-20-21-22-23-24-25-26)	(35-36-37-38-39-40-41-42-43-44)
<b>11 Definición de Alturas y su Procesamiento en Ajustes de Redes</b>	(22-23-24-25-26)	(3-4-7-8-9)



## 6. BIBLIOGRAFÍA

### 6.1 Básica

1. Shanlong Kuang. Geodetic (1995) Network Analysis and Optimal Design, Sleeping Bear Press, 1575040441.
2. Mikhail & Gracie. (1981) Analysis & Adjustment of Survey Measurements. Van Nostrand.
3. Mikhail, E. M. (1976) Observations and Least Squares. Harper and Row. 700224815.
4. Fan, Huaan. (2015) Theory of Errors and LSQ. K.T.H.Sweden. 9171702008.
5. Wolf, P.R. (2005) Adjustment Computations. Wiley & Sons. 471168335.
6. Egeltoft, T. (2001) Variance Component Estimation In Geodetic Networks, TRITA-GEOD K.T.H.
7. Vermeer, Martin. (2022) The Science Underneath 2022, Aalto University, 9789526088723.
8. Snow, Kyle. (2021) Adjustment Computations 2021, The Ohio State University B.Schaffrin.
9. Sneeuw, Nico. (2022) Lecture Notes Adjustment Theory 2022. Universitat Stuttgart. Rev.4.48.
10. Yalcinkaya, Mualla. (2018) Strategy For Designing GNSS Networks. Teke Turkey Universitet.
11. Ghilani, Charles. (2006) Adjustment Computations Networks. Wiley & Sons 2006. 9780471697282.
12. Grafarend, E. (1985) Optimization And Design of Geodetic Networks. 1985 Springer – Verlag, Berlin, Heidelberg.
13. Rao, C.R. (1971). Estimation of variance and covariance components-MINQUE. Journal of Multivariate Analysis, 1, 257-275.
14. Satirapod, C., J. Wang & C. Rizos (2001a). A simplified MINQUE procedure for the estimation of variance-covariance components of GPS observables. Geomatics Journal of Hong Kong 2002.
15. Geospatial Positioning Accuracy Standards Part 2 FGDC-STD-007.2-(1998): Standards for Geodetic Networks Federal Geodetic Control Subcommittee Federal Geographic Data Committee.



16. S. GAŠINCOVÁ. (2017) Application of Robust Estimation Methods for the Analysis of Outlier Measurements. Technical University of Košice 10.2478/v10205-011-0007-1.
17. Kavouras, M. (1987) On The Detection of Outliers and the Determination of Reliability in Geodetic Department of Geodesy and Geomatics Engineering University of New Brunswick P.O. Box 4400 Fredericton, N.B. Canada E3B 5A3.
18. Baarda, W. Statistical (1967) Concepts in Geodesy. Delft Geodetic Institute 1967 Rijkscommissie voor Geodesie, Delft, Netherlands.
19. Teunissen, P. Grafarend, EW, Sansó F. (1985) Zero Order Design: Generalized Inverses, Adjustment, the Datum Problem and S-Transformations. Springer Berlin Heidelberg 1985; 11-55.
20. Bjerhammar, A. (1973) Theory of errors and generalized matrix inverses. Elsevier 1973.
21. Pope, A. J. (1976) The statistics of residuals and the detection of outliers. NOAA Technical Report. NOS 65 NGS 1, U. S. Dept. of Commerce, Rockville, Md., 1976.
22. Koch, K. (1999) Parameter Estimation and Hypothesis Testing in Linear Models 2nd Ed. Springer-Verlag, Berlin, 1999.
23. Teunissen, P. J. G. (2006) Network quality control, 2006. 2nd edition, Series on Mathematical Geodesy and Positioning, Delft University of Technology, The Netherlands. ISBN 90-71301-98-2.
24. Teunissen, P. J. G. (2003) Adjustment Theory, 2003. VSSD, Delft University of Technology, The Netherlands. ISBN 978-90-407-1974-5.
25. Grodecki, J. (2014) Estimation of Variance-Covariance Components for Geodesy. Department of Geodesy and Geomatics Engineering University of New Brunswick P.O. Box 4400 Fredericton, N.B. Canada.
26. AliReza Amiri-Simkooei (2007) Least-squares variance component estimation: Theory and GPS applications Publications on Geodesy 64 ISBN: 978 90 6132 301 3 ISSN 0165 1706 Published by: NCG, Netherlands Geodetic Commission, Delft, 2007-The Netherlands.

## 6.2 Complementaria.

35. Sjoberg, L. (2008) Variance Component Estimation. TRITA-GEOD K.T.H.



36. O. Memarian Sorkhabi. (2022) Deep learning of GPS geodetic velocity. Elsevier - Journal of Asian Earth Sciences: Volume 7,1 June 2022, 100095.
37. Bergkvist, J. (2015) Optimal Design of Network. No.3135 2015 TRITA-GIT EX15004 (KTH) Stockholm, Sweden.
38. Schaffrin, B. (2022) Towards a More Rigorous Error Propagation Within The Errors for Application in Geodetic Networks. School of Earth Sciences, The Ohio State University, Columbus, Ohio, USA.
39. Rofatto, V. (2017) An Attempt to Analyse Baarda's Iterative Data Snooping Procedure based on Monte Carlo Simulation. South African Journal of Geomatics, Vol. 6. No. 3, October 2017 416 Institute of Geography, Surveying and Cartographic Engineering, Minas Gerais, Brazil.
40. Erdogan, B. (2014) Um método de detecção de "outlier" em redes geodésicas baseado nas observações originais, 2014. Department of Geomatic Engineering Yildiz Technical University, Istanbul, Turkey.
41. Gökalp, E. (2020) Evaluation of Different Outlier Detection Methods for GPS Networks. 2008 Department of Geodesy and Photogrammetry, Karadeniz Technical University, Trabzon, 61080 Turkey.
42. Amiri-Simkooei, A. R. (2017) Application of Recursive Least Squares to Efficient Blunder Detection in Linear Models Dept. of Geomatics Engineering, Faculty of Engineering, University of Isfahan, Iran.
43. Sjöberg, L. E. (1983) Unbiased estimation of variance-covariance components in condition adjustment with unknowns – a MINQUE approach (1983).. Zeitschrift für Vermessungswesen, 108(9): 382–387.
44. Vermeer, M. (2010) Aspects of Errors Propagation in Modern Geodetic Networks Helsinki University of Technology (TKK). 2010. Dept. of Surveying, Finland.

## 7. CONOCIMIENTOS PREVIOS EXIGIDOS Y RECOMENDADOS

**7.1 Conocimientos Previos Exigidos:** análisis, modelamiento y procesamiento de errores, elementos de cálculo numérico, topografía (altimetría y planimetría), sistemas de referencia en geodesia y geodesia satelital.

**7.2 Conocimientos Previos Recomendados:** manejo y programación de software para cálculo matemático, estadístico y matricial, y procesamiento de observaciones GNSS en diversas plataformas.



**ANEXO A**  
**Para todas las Carreras**

**A1) INSTITUTO**

Instituto de Agrimensura.

**A2) CRONOGRAMA TENTATIVO**

Semana 1	Tema 1
Semana 2	Tema 2
Semana 3	Tema 3
Semana 4	Tema 4
Semana 5	Tema 4
Semana 6	Tema 5
Semana 7	Tema 5
Semana 8	Tema 6
Semana 9	Tema 7
Semana 10	Tema 7
Semana 11	Tema 8
Semana 12	Tema 8
Semana 13	Tema 9
Semana 14	Tema 10
Semana 15	Tema 11

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

La aprobación del curso consta de una aprobación al final del dictado del mismo de carácter eliminatorio, más una prueba de Examen final.

**CURSO:**

El Curso se evaluará y aprobará mediante la entrega individual (en forma impresa como carpeta y digital) y evaluación satisfactoria (SI/NO) de 4 Monografías, una por cada uno de los temas referidos en el punto 4 que serán propuestas y acompañado su desarrollo en las clases prácticas por los docentes; éstas monografías serán de carácter individual por cada estudiante, permitiendo el trabajo en equipos de no más de 3 estudiantes.

Para aprobar el curso las 4 Monografías deben haber sido entregadas y al menos 3 de forma satisfactoria.

La aprobación del curso permitirá al estudiante rendir el examen correspondiente.

**EXAMEN:**

El examen se compone de una sesión oral, donde el estudiante hará la presentación y defensa técnica de las Monografías aprobadas durante el Curso, y el equipo docente



**FACULTAD DE  
INGENIERÍA**  
UDELAR

Formato Aprobado por resolución N°113 del  
CFI de fecha 04.07.2017

realizará preguntas evaluatorias complementarias (incluyendo cálculos) referidas al temario del Curso.

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

No se permite.

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

Cupos mínimos: Sin cupos mínimos

Cupos máximos: Sin cupos máximos

APROBADO FAC. ING.  
21/11/2023 Exp. 060110-000008-23





## **ANEXO B para la carrera AGRIMENSURA**

### **B1) ÁREA DE FORMACIÓN**

**Teoría de las observaciones**

### **B2) UNIDADES CURRICULARES PREVIAS**

Curso: Examen aprobado de Sistemas de referencia (código 1038) o Sistemas de referencia en geodesia (código 2414)

y

Examen aprobado de Teoría de errores 2 (código 1522)

y

Curso aprobado de Geodesia 1 (código 1418)

Examen: Curso aprobado de Diseño y cálculo de redes geodésicas

