UNIVERSIDAD NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES
ESCUELA DE TOPOGRAFÍA, CATASTRO Y GEODESIA
INGENIERÍA EN TOPOGRAFÍA Y CATASTRO CON GRADO DE BACHILLERATO
BA-TOPOGR

INGENIERÍA EN TOPOGRAFÍA Y GEODESIA
PROGRAMA DEL CURSO
TGF420 AJUSTE II

Nombre del curso	**AJUSTE II**
Tipo de Curso	Regular
Código del curso / NRC	TGF420/41057
Nivel y Grado Académico	IV, BACHILLERATO
Período lectivo	I CICLO DE 2026
Modalidad	18 semanas modalidad presencial
Naturaleza	teórico – laboratorio
Créditos	4
Horas totales semanales	11
Horas del curso	3 teoría (miércoles de las 13:00 a las 16:00) 3 práctica (miércoles de las 18:00 a las 21:00) 5 estudio independiente
Horas docentes	3
Horas de atención al estudiante	1 hora. Miércoles de las 16:00 a las 17:00
Requisitos	Ajuste I
Correquisitos	Ninguno
Docente:	Dr.-Ing. JORGE MOYA-ZAMORA jorge.moya.zamora@una.cr

En esta Universidad nos comprometemos a prevenir, investigar y sancionar el hostigamiento sexual entendido como toda conducta o comportamiento físico, verbal, no verbal escrito, expreso o implícito, de connotación sexual, no deseado o molesto para quien o quienes lo reciben, reiterado o aislado. Si usted está siendo víctima de hostigamiento diríjase a la Fiscalía de Hostigamiento Sexual de la UNA o llame al teléfono: 2277-3961.

Teléfono: 2562-6168
WhatsApp: 2562-6168
Correo: fiscaliahostigamientosexual@una.cr
Enlace: www.fiscalia.una.ac.cr

I. Descripción del curso:

Este curso tiene un carácter teórico-práctico y desarrolla la aplicación de conceptos estadísticos en los trabajos topográficos y geodésicos basados en el principio de mínimos cuadrados de Gauss, aplicando el concepto el ajuste libre para el tratamiento de observaciones y depuración del modelo funcional y el modelo estocástico del ajuste. Se desarrolla la aplicación del algoritmo de ajuste de observaciones mediatas como herramienta para el diseño y optimización de redes geodésicas horizontales y verticales. Además, se presenta cómo ampliar el modelo funcional del ajuste para considerar parámetros adicionales, como factor de escala o errores de centrado.

El componente práctico del curso tiene como meta lograr una mejor comprensión y asimilación del conocimiento por parte del estudiantado, mediante la realización de sesiones prácticas de gabinete. En ellas, el estudiantado deberá resolver situaciones específicas donde tendrá que identificar las cuestiones teóricas planteadas con anterioridad y resolverá los problemas técnicos y prácticos de una forma experimental utilizando programas de cómputo especializado, como: MathCad, Matlab, Octave y SCILab.

II. Objetivos

General:

- Desarrollar destrezas y habilidades para el ajuste y diseño de redes geodésicas en 1D y 2D, utilizando el principio de mínimos cuadrados bajo la modalidad de ajuste libre y conceptos estadísticos, para determinar el valor más probable e información estocástica de las incógnitas y observaciones.

Objetivos específicos:

1. Determinar las observaciones ajustadas que definen una red geodésica, mediante la aplicación del algoritmo de ajuste por mediatas en la variante de ajuste libre, estimando el valor más probable de las mismas y su información estocástica.

2. Establecer las coordenadas ajustadas que definen los vértices de red geodésica, por medio de la aplicación del algoritmo de ajuste por mediatas en la variante de ajuste libre, con el fin de estimar el valor más probable de las mismas y su información estocástica.

3. Diseñar una red geodésica acorde a los requerimientos de exactitud necesarios para la obra a través de la aplicación de las técnicas de simulación de redes.

4. Incluir, en el modelo funcional del ajuste, parámetros adicionales con el fin de modelar la realidad física de las observaciones y mejorar la exactitud de los resultados.

5. Optimizar el peso para los diferentes grupos de observaciones de la red geodésica, utilizando criterios técnicos, de forma que se modele mejor el componente estocástico, obteniendo así resultados más reales.

III. Contenido temático

1. Ajuste libre de observaciones mediatas

1.1 Concepto del ajuste libre
1.2 Diferencias entre el ajuste libre y el ajuste amarrado de observaciones mediatas
1.3 Uso del ajuste libre para determinar la calidad de las observaciones
1.4 Defecto de rango de una matriz
1.5 Defecto de datum en una red geodésica
1.6 Defecto de configuración en una red geodésica
1.7 Algoritmo del ajuste libre de observaciones mediatas
  1.7.1 Ajuste libre de minimización total de traza
  1.7.2 Ajuste libre de minimización parcial de traza
1.8 Casos prácticos
  1.8.1 Ajuste libre de una red de nivelación
  1.8.2 Ajuste libre de una red de trilateración
  1.8.3 Ajuste libre de una red de triangulación
  1.8.4 Ajuste libre de una red que combine observaciones lineales y angulares

2. Grupos de observaciones

2.1 Criterio para la formación de grupos
2.2 Estimación de varianzas grupales
2.3 Planteamiento matemático
2.4 Análisis y equilibrio de las varianzas

3. Incógnitas adicionales en el modelo de ajuste

3.1 Factor de escala
3.2 Excentricidad de la estación y puntería
3.3 Orientación

4. Ajuste simulado y preanálisis

4.1 Diseño y preparación de datos
4.2 Ajuste simulado y evaluación
4.3 Modificación del diseño de la red
4.4 Diseño definitivo, ajuste simulado y conclusiones
4.5 Casos prácticos
  4.5.1 Simulación de una red de nivelación
  4.5.2 Simulación de una red de trilateración
  4.5.3 Simulación de una red de triangulación
  4.5.4 Simulación de una red que combine observaciones lineales y angulares

IV. Estrategia metodológica

El curso será desarrollado de manera presencial según el horario matriculado por cada uno de los estudiantes. El profesor hará las exposiciones de los temas, los cuales serán preparados con base en el componente teórico, pero sobre todo con la experiencia adquirida durante su ejercicio profesional. Las lecciones se dictarán apoyadas con el material base preparado por el profesor. Los estudiantes son responsables de tomar los apuntes que consideren necesarios durante las lecciones. Este material será usado por el profesor como una guía haciendo las aclaraciones, las ampliaciones y las recomendaciones necesarias en cada lección. El profesor solamente pondrá a disposición de los estudiantes un resumen del material guía con el objetivo de que las relaciones matemáticas queden claramente expuestas cuando sea necesario. Este resumen estará disponible en el equipo de MS.Teams.

Nuevamente se hará un fuerte uso del programa de Ajuste de Redes Geodésicas ARGE el cual es un software con licencia. Este programa, aunque viejo, permite ajustar y editar configuraciones que facilitan el análisis y la interpretación de resultados, los cuales son fundamentales en la formación profesional. Complementariamente se desarrollarán una serie de prácticas las cuales no tienen ningún porcentaje dentro de los rubros de evaluación, serán analizadas en las sesiones respectivas, pero se asume que los estudiantes desarrollarán las mismas y a partir de ahí se harán las consultas respectivas. La idea del curso es aprender por medio de la construcción individual. Además, en este curso se asume que los estudiantes tienen una asimilación completa de los cursos anteriores de la carrera, metodologías de medición, conocimientos de cómputo y programación. Adicionalmente se asume que los estudiantes poseen manejo instrumental del idioma inglés.

Los grandes volúmenes de datos requieren necesariamente que los estudiantes tengan conocimientos y destrezas en el uso e interpretación de resultados en programas como MS. Excel, MatLab, MathCAD, GIS. En el curso no se enseñará a usar ninguno programa, pero se asume que el estudiante posee las destrezas necesarias para la programación. El desarrollo de los ejercicios a nivel introductorio se hará con la MS. Excel por la facilidad didáctica que permite esta herramienta, sin embargo, es recomendable que los estudiantes desarrollen sus propias rutinas en los lenguajes citados.

La asistencia al curso es obligatoria (ver documento UNA-AS-ETCG-ACUE-014-2023). **Se considerará como ausencia injustificada la llegada 15 minutos luego de la hora previamente señalada por el profesor ya sea horario normal de clase u otra actividad. El curso se pierde con un total de dos (2) ausencias injustificadas y se asignará una nota de 5,0.** La justificación de ausencias se permitirá solo en los casos que defina la UNA en su reglamentación vigente (ver documento UNA-AS-ETCG-ACUE-001-2024). Debido a lo ajustado del cronograma de trabajo previsto, no se descarta la realización de una o varias sesiones virtuales para presentaciones. Si se da este caso, el profesor avisará oportunamente y las mismas se darán por medio de la plataforma oficial de la UNA que es MS. Teams. Por favor todos los estudiantes verificar que tienen el acceso respectivo a esta plataforma.

Todos los estudiantes están obligados a participar activamente en el desarrollo de todos los rubros de evaluación. Por las características del curso, **NO SE REALIZARÁ PRUEBA EXTRAORDINARIA** (ver apartado de información adicional). **El uso de teléfono celular está prohibido durante las lecciones**

y las evaluaciones. Ningún estudiante está eximido, es decir, todos los estudiantes deben cumplir con todos los criterios para aprobar el curso.

V. Estrategia evaluativa

El curso será evaluado por medio de los siguientes cuatro rubros:

1. **Examen parcial:**

   Un examen presencial (25%) en el cual se abracarán todos los contenidos del tema 1 y los contenidos del curso de Ajuste I. Se tendrán dos rubros: uno respecto al cálculo con programa y relativo al análisis de información. La evaluación contemplará la confirmación de los resultados numéricos de acuerdo con los insumos entregados. La escala de calificación definitiva se asignará el día de la prueba, sin embargo, en el cuadro de la página siguiente se presentan los rubros generales.

2. **Tarea de programación:**

   La tarea de programación estará enmarcada en el desarrollo de una rutina informática sobre el algoritmo de ajuste libre de una red convencional ya sea horizontal o vertical. Este proyecto se orienta a que los estudiantes sean capaces de escribir su propio programa con base en los conocimientos asimilados en el curso, así como las destrezas y habilidades adquiridas en el curso de programación. El desarrollo de este programa se hará MatLab exclusivamente o de forma alterna usando Python o R. La escala de evaluación definitiva se asignará con la guía del proyecto, sin embargo, en el cuadro de la página siguiente se presentan los rubros generales.

3. **Proyecto de investigación y campo**

   Los detalles y productos esperados de proyecto se darán oportunamente en la guía respectiva. La defensa pública de los proyectos contemplará entre otros, los siguientes aspectos fundamentales: la presentación grupal, preguntas individuales, resultados y autoevaluación de cada grupo. Los requerimientos, metodología y productos esperados de cada uno de los proyectos se darán en la asignación respectiva de acuerdo con el cronograma. El proyecto de campo estará relacionado con la medición de una red local horizontal o vertical y el ajuste libre y amarrado de sus observaciones. La evaluación de este proyecto contemplará el proceso de diseño, simulación, medición y ajuste de las observaciones en la red, la participación y aporte de cada estudiante en su grupo de trabajo destacando la equidad y género, el contraste de los resultados y la defensa de este. La escala de evaluación se asignará con la guía del proyecto, sin embargo, en el cuadro de la página siguiente se presentan los rubros generales.

4. **Estudio de caso:**

   Un caso de estudio en el cual se brindará la información necesaria para su análisis numérico e interpretación de resultados. Se trabajará de manera presencial. La escala de evaluación se asignará con la guía del proyecto, sin embargo, en el cuadro de la página siguiente se presentan los rubros generales.

Rubro	Detalle	Total	Fecha
1	Examen • Cálculo en ARGE (10%) • Análisis de resultados (15%)	30%	08/04/2026
2	Tarea de programación: • Construcción correcta del código (10%) • Participación y aporte de cada estudiante (5%) • Presentación y el contraste de los resultados (5%)	20%	15/04/2026
3	Proyecto de campo: • Resultados de campo (5%) • Entrega de resultados (5%) • Ajuste de las observaciones (5%) • Participación de los estudiantes (5%) • Informe (10%) • Presentación (10%)	40%	10/06/2026
4	Estudio de caso: • Resultados numéricos correctos (5%) • Análisis de los resultados (5%)	10%	03/06/2026
Total		**100%**	

En cada uno de los rubros el profesor podrá hacer cambios en la integración de los grupos. Lo anterior atendiendo recomendaciones en cuanto a las estrategias para el trabajo colaborativo además desde el punto de vista formativo es fundamental que los estudiantes desarrollen habilidades y destrezas para el trabajo profesional con diferentes grupos de personas.

VI. Normas específicas para la ejecución del curso

En el desarrollo de las clases el estudiantado deberá emplear de forma obligatoria los siguientes recursos:

1. Las sesiones sincrónicas y semipresenciales tendrán como insumo la entrega obligatoria de video de la clase.

2. En caso de ausencia a clases y/o evaluación se aplican las indicaciones del artículo 26 del Reglamento General del Proceso de Enseñanza y Aprendizaje de la Universidad Nacional: *quien, como estudiante, por enfermedad u otra causa de fuerza mayor, no pueda efectuar una evaluación consignada en el programa, debe presentar a la persona a cargo de impartir el curso, por escrito, la justificación con los documentos probatorios en un tiempo límite de cinco días hábiles a partir*

de la fecha en que se realizó la evaluación. Si procede repetir la evaluación, de común acuerdo se fijará la fecha y la hora de su aplicación, la que se realizará dentro de los ocho días hábiles siguientes a la presentación de la justificación. En caso de no aceptarse la justificación, puede realizar el trámite de apelación correspondiente.

3. Las fechas de entrega de las asignaciones de la metodología evaluativa, quedarán definidas desde el inicio del curso en el presente instructivo, y serán prorrogadas únicamente con un oficio remitido por la totalidad de los estudiantes matriculados y el docente a la dirección.

4. La calificación mínima para aprobación del curso es 7.0 Toda calificación final deberá redondearse según lo indicado en el artículo 18 del Reglamento General del Proceso de Enseñanza y Aprendizaje de la Universidad Nacional: *El estudiantado será calificado con base en una escala que va de cero a diez. La calificación mínima de aprobación es siete. Toda calificación final deberá redondearse de la siguiente manera:*
    a. *del 0.10 al 0.24, corresponde a 0.25*
    b. *del 0.26 a 0.49, corresponde a 0.50*
    c. *del 0.51 al 0.74, corresponde a 0.75*
    d. *del 0.76 al 0.99, corresponde al entero superior*

5. El curso de naturaleza teórico práctico NO tiene examen extraordinario.

6. En caso de plagio en cualquier trabajo presentado por el estudiantado se aplicará lo estipulado en el artículo 24 del Reglamento General del Proceso de Enseñanza y Aprendizaje de la Universidad Nacional: *ARTICULO 24. PLAGIO. Se considera plagio la reproducción parcial o total de documentos ajenos presentándolos como propios.*

7. Adicionalmente, la persona docente podría definir otros elementos, según la naturaleza y condiciones del curso, o acuerdos tomados por la instancia académica sobre lo que se permite o no se permite en el desarrollo de las lecciones, en temas relacionado con:
    - Grabación de las sesiones.
    - Pautas para el uso del celular.
    - Código de vestimenta.
    - Uso del lenguaje.
    - Normas para las sesiones en entornos virtuales.
    - Entre otros elementos que se consideren necesarios

8. Para el desarrollo del proyecto 3, se deberán acatar las disposiciones aprobadas y de acatamiento obligatorio que están disponibles en: https://agd.una.ac.cr/share/s/zeNlK-r0T7iqTMSfybPruQ

VII. Cronograma tentativo de actividades

Semana	Fecha	Tipo P/V	Actividades	Recursos didácticos requeridos
1	18/02/26	P	Presentación Repaso Ajuste I	Material base Prácticas Correo electrónico MS. Teams Laboratorio
2	25/02/26	P	Tema 1	
3	04/03/26	P	Tema 1	
4	**11/03/26**	**P**	**Tema 1** **Asignación de la TAREA**	
5	18/03/26	P	Tema 1	
6	25/03/26	P	Tema 1	
7	**01/04/26**	**P**	**Semana Santa**	
8	**08/04/26**	**P**	**Examen Cálculo**	Material base Prácticas Correo electrónico MS. Teams Laboratorio
9	**15/04/26**	**P**	**Entrega y evaluación de la TAREA**	
10	22/04/26	P	Tema 2	
11	29/04/26	P	Tema 3	
12	**06/05/26**	**P**	**Tema 4** **Asignación del Estudio de Caso**	
13	**13/05/26**	**P**	**Charla Técnica: Proyectos Topográficos** **Asignación Proyecto de Campo**	
14	20/05/26	No hay trabajo de aula	Avance Proyecto 2	
15	27/05/26	No hay trabajo de aula	Avance Proyecto 2	
16	03/06/26	P	Ajuste Observaciones Proyecto 2 Entrega del Estudio de Caso Actividad de Equidad e Igualdad de Género	Laboratorio
17	**10/06/26**	**P**	**Presentación Proyecto 2**	
18	17/06/26		Libre	

VIII. Referencias

1. Capary, W.F. (2000). Concepts of Networks and Deformations Analysis. School of Geomatic Engineering. Universidad New South Wales. Australia

2. Chueca Pazos, M. A. Anquela y S. Baselga. (2007). Diseño de Redes y Control de Deformaciones. Los problemas de del datum y principal de diseño. Departamento de Ingeniería Cartográfica, Geodesia y Fotogrametría. ETSI Geodésica, Cartográfica y Topografía.

3. Chueca, M. José Herráez y José Berné ,1996. Teoría de errores e instrumentación. Paraninfo S.A. Madrid, España.

4. Gemael, C. (1994). Introducao Ao Ajustamento De Observacoes Aplicacoes Geodesicas. Universidad Federal de Paraná. Curitiba, Brasil

5. Grafarend, E y Sansò F. (1985). Optimization and Design of geodetic Networks. Springer Verlag. Berlin, Alemania

6. Lauf, G.B. 1983. The method of least squares with applications in surveying. Royal Melbourne Institute of Technology. Australia.

7. Kuan, S. (1996). Geodetic Network Analysis and Optimal Design. Concepts and Applications. Sams Publications. Estados Unidos de América.

8. Márquez, R. (2009). Introducción al ajuste y diseño de redes topográficas. Departamento de Ingeniería en Agrimensura. Universidad Nacional de San Juan. Argentina.

9. Rodríguez Jordana, J. (2002). Ajuste de observaciones: El método de los mínimos cuadrados con aplicaciones a la topografí*a*. Ediciones UPC. Universidad Politécnica de Cataluña. España.

10. Roldán, J., (1988). Ajuste 1. Escuela de Topografía, Catastro y Geodesia. Universidad Nacional. Heredia, Costa Rica.

11. Roldán, J., (1988). Ajuste 2. Escuela de Topografía, Catastro y Geodesia. Universidad Nacional. Heredia, Costa Rica.

12. Teunissen, P.J.G. (2000). Testing theory an introduction. Delf University Press. Holanda.

13. Teunissen, P.J.G. (2000). Adjustment theory an introduction. Delf University Press. Holanda.

14. Mikhail, E. y G. Gracie. (1981). Analysis and adjustment of survey measurements. Van Nostrand Reinhold Company, New York, Estados Unidos.

15. Mikhail, E. y F. Ackerman. (1976). Observations and Least Squares. United Press of America. Boston, Estados Unidos.

Información adicional

- Por las características de la evaluación consignada y de conformidad con el artículo 31 del Reglamento General sobre los Procesos de Enseñanza y Aprendizaje de la Universidad Nacional, en este curso **NO SE REALIZARÁ EXAMEN EXTRAORDINARIO.** Toda comunicación exclusivamente se debe hacer por medio del correo electrónico institucional jorge.moya.zamora@una.cr. El Sistema de Información Documental de la UNA está disponible en:
- http://tcna.primo.hosted.exlibrisgroup.com/primo_library/libweb/action/search.do?vid=UNA

- Todos los estudiantes deben cumplir con cada uno de los rubros de evaluación para aprobar el curso, es decir, si antes de cumplir con toda la evaluación algún estudiante ya tiene un porcentaje acumulado igual o mayor a 7,0, es requisito presentar y aprobar los rubros faltantes.

- La aceptación del programa del curso se realizará por medio de firma del estudiantado el primer día de clase. En el caso de una ausencia en alguna de las partes evaluativas, se aplicará lo dispuesto en el Reglamento de Enseñanza y Aprendizaje de la UNA.

Derechos y los deberes estudiantiles

1. **Asistencia a clases:** La obligatoriedad o no de la asistencia a clases, considerando, la naturaleza del curso o módulo, las actividades de aprendizaje planificadas, la modalidad de aprendizaje.
2. **Tipo de sesión y uso de video:** Cuando se ejecute la modalidad de aprendizaje virtual o semipresencial se deberá indicar las sesiones sincrónicas y semipresenciales y el uso obligatorio o no de video.
3. **Evaluación:** Condiciones, fechas y la definición clara de cada rubro de evaluación, así como su valor porcentual. La persona docente debe incluir en el programa del curso los instrumentos de evaluación como rúbricas, listas de cotejo, escalas de calificación u otros, para cada actividad de aprendizaje. La calificación mínima de aprobación es siete. Toda calificación final se deberá redondear según lo indicado en el artículo 18 del Reglamento Nacional. Otros aspectos relacionados con la evaluación se pueden consultar en el capítulo IV y VI de ese mismo Reglamento.
4. **Ausencias:** Según se determine por las características de la actividad de formación académica. En caso de ausencia a una evaluación se deberá aplicar lo estipulado en el capítulo V del Reglamento General del Proceso de Enseñanza y Aprendizaje de la Universidad Nacional.
5. **Plagio y copia:** En caso de plagio y copia en cualquier trabajo presentado por el estudiantado se aplicará lo estipulado en los artículos 24, 24Bis y 25 del Reglamento General del Proceso de Enseñanza y Aprendizaje de la Universidad Nacional.
6. **Otros aspectos:** Adicionalmente, la persona docente podría definir otros elementos, según la naturaleza y condiciones de la actividad de formación académica, o acuerdos tomados por la instancia académica, sobre lo que se permite o no se permite en el desarrollo de las lecciones, en temas relacionados con:
   - Pautas para el uso del celular.
   - Grabación de las sesiones.
   - Código de vestimenta.
   - Normas para las sesiones en entornos virtuales.
   - Otros elementos que se consideren necesarios.

Es importante recordar al estudiantado el DEBIDO PROCESO para apelaciones:

1. La persona estudiante se comunica de forma oral con la persona docente en los próximos 5 días hábiles de una revisión y se aclara el inconveniente.
2. La persona estudiante se comunica con el docente de forma escrita (correo institucional o carta firmada con puño y letra entrega y recepción) indicando las evidencias de su reclamo en los siguientes 5 días hábiles de la entrega de la calificación. La persona docente deberá dar respuesta por escrito en un periodo de 5 días hábiles (art. 52, Reglamento Gral de Enseñanza y Aprendizaje de la UNA)
3. Agotada la vía de revisión con la persona docente, la persona estudiante se comunica con la dirección por medio escrito (direccionetcg@una.cr), en los siguientes 5 días hábiles adjuntando todas las evidencias de su reclamo y de haber realizado el proceso del paso 2. (art. 53, Reglamento Gral de Enseñanza y Aprendizaje de la UNA)
4. La dirección procede a conformar un tribunal integrado por 3 académicos. (art. 53, Reglamento Gral de Enseñanza y Aprendizaje de la UNA)
5. El tribunal tendrá 5 días hábiles para examinar los antecedentes y atestados de la apelación, consultar a las partes interesadas y brindar la respuesta al fallo, este indicará si se modifica o mantiene la nota apelada. La decisión del tribunal es inapelable y se debe comunicar a la persona estudiante, con copia a la persona docente y la dirección para que se actúe en la consecuencia. (art. 54, Reglamento Gral de Enseñanza y Aprendizaje de la UNA)

Firma del docente	Firma del director de la ETCG y sello
	

Indicaciones de la Vicerrectoría de Docencia UNA-VD-DISC-022-2024, del 21 de noviembre de 2024