



## MÓDULO DE INVESTIGACIÓN

### RED GEODÉSICA DE APOYO A LA ENSEÑANZA E INVESTIGACION DEL INSTITUTO DE AGRIMENSURA (MaRG\_IA)

#### MARCO DE REFERENCIA+[MRGMVD2023] IMM-FING-UDELAR

#### Introducción

Las redes geodésicas constituyen el soporte geométrico, físico y matemático para el cálculo y representación de entidades y objetos sobre la superficie terrestre.

En el pasado, las redes geodésicas eran determinadas con instrumental geodésico del tipo óptico y de alcance limitado y posteriormente con equipos de medida electrónica de distancia EDM, lo que condicionaba en los hechos, la ubicación y consolidación de los vértices geodésicos a su intervisibilidad.

El desarrollo tecnológico del Sistema de Posicionamiento Global (GPS-GNSS) y sus aplicaciones a redes geodésicas, han cambiado radicalmente el concepto de redes y facilitado su utilización.

En la ingeniería moderna, para la planificación territorial, los Sistemas de Información Geográfica, Ingeniería Civil, desarrollo catastral, acciones ambientales, etc., resulta imprescindible vincular las obras de infraestructura y entidades geográficas a un marco geodésico de referencia espacial único, preciso y confiable.

El sistema geodésico de referencia para Montevideo, lo constituye el CDM (Concejo Departamental de Montevideo), realizado por las décadas de 1950 a 1960. Este sistema, que fue diseñado para soportar la cartografía oficial del Departamento, está desactualizado y sin mantenimiento. Esto significa en los hechos, la escasa utilización que se hace de él, y que se impone una revisión estratégica de su diseño.

*En el año 2004 en acuerdo con la Facultad de Ingeniería UDELAR, se llevó adelante el diseño e implementación de la Red Geodésica GNSS MRGMVD2004, que consistió en la implantación de más de 30 Vértices Geodésicos de alta precisión distribuidos por todo el Departamento.*

*Esta Red Geodésica permitió entre otras cosas, desarrollar los sucesivos vuelos fotogramétricos y de drones utilizados hasta el día de hoy.*

*Pero luego de 20 años, esta Red necesita ser densificada, reponer Vértices dañados, y adicionarle Nivelación Geométrica de Precisión de acuerdo al Cálculo del Modelo de Alturas desarrollado en el 2021 por el Servicio de Geomática.*

El Servicio de Geomática de IMM, tiene como uno de sus puntos más importantes dentro de sus cometidos, el Diseño, Implementación y Mantenimiento de una Red Geodésica para el Departamento de Montevideo [MRGMVD], integrante de la Red Geodésica Nacional del IGM REGNAROU.

Para la implementación de la RED, se requieren equipos receptores de alta performance y precisión por tratarse de redes geodésicas urbanas (doble frecuencia), Niveles de Alta Precisión Invar, Estaciones Totales, Mediciones Gravimétricas, equipo técnico calificado para la tarea, software de procesamiento de datos, locomoción, objetivos claros para el diseño y optimización, y un proyecto estratégico elaborado para este fin.

En conversaciones e intercambio de ideas con el Instituto Geográfico Militar, organismo que tiene la misión por Ley de la implementación y Gestión de la Red Geodésica del Uruguay, y el Instituto de Agrimensura de la Facultad de Ingeniería, encargado de la enseñanza de la Geodesia en el Uruguay, se intercambiaron diversas alternativas para llevar adelante el proyecto con el objetivo de implementar la nueva fase del [MRGMVD].

El IGM posee todos los medios logísticos y de equipamiento, que aunados a la experticia técnica en el Área de Geodesia del Servicio de Geomática, y a la Capacidad de Cálculo y Gestión de Calidad de Datos de la FING-UDELAR, logra una combinación ideal para los fines de la Red Geodésica de Montevideo.

Estas acciones han dado lugar al Diseño de la RED por parte de la IMM, la ejecución por parte del IGM, y el Cálculo y Control de la Red por parte de la FING-IA, plasmándose esto último en un Convenio ya aprobado entre IMM y UDELAR.

## **Objetivos del Proyecto**

- **Los objetivos Técnicos del Proyecto (MaRGIA), son Diseñar, Implantar, Medir, Calcular, Mantener, Monografiar, Documentar y Publicar vía WEB una Red Tridimensional de Vértices Geodésicos como Marco de Referencia para las tareas de Docencia e Investigación del Instituto de Agrimensura y la Facultad de Ingeniería.**

## **Objetivos del módulo**

- **Desde el punto de vista académico y de enseñanza, introducir a los estudiantes participantes en las diferentes fases del trabajo, donde podrán poner en práctica los componentes teóricos y de cálculo vistos en las Asignaturas de Geodesia y Teoría de las Observaciones.**

Esta Red de Orden ZERO (que se irá densificando a futuro) se compondrá de varios vértices monumentados tanto en los alrededores de la Facultad de Ingeniería como en el Interior del Instituto (ésta ya implantada a ser re-observada y calculada).

Los 2 componentes físicos (Red Interna + Red Externa) estarán vinculados por observaciones geodésicas simultáneas y recíprocas, y al mismo tiempo, estarán ligadas al MRGMVD2023 de la IMM.

Para esta conexión con MRGMVD2023, se diseñó y ejecutó una densificación de dicho Marco de Referencia cerca de la FING, disponiéndose ya de un Pilar Geodésico en el estacionamiento posterior de la FING, (frente a la Rambla y Club de Golf) y otro en la Planta de Tratamiento de IMM en el Faro de Punta Carretas, además de varios Vértices en la Rambla desde Ejido a las Canteras, incluyendo Puntos Fijos Intermedios de Nivelación Geométrica de Alta Precisión.

Más allá de las consideraciones técnicas, lo más importante es resaltar la trascendencia de este trabajo para la docencia e investigación del Instituto de Agrimensura.

Resulta evidente a esta altura del desarrollo de la Agrimensura moderna la necesidad de contar con un conjunto de Vértices en formato Red, que permitan desarrollar trabajos de Prácticas y Teorías del Caso (Teoría de Errores) donde puedan simularse y ejecutar trabajos de la vida real profesional que incluyan prácticas observacionales, manejo instrumental, cálculo y verificaciones, controles de calidad, tratamiento de observaciones, tolerancias, estándares, sistemas de referencia, proyecciones cartográficas y sus transformaciones, pre-análisis, simulaciones, calibraciones, etc varios.

Si bien el **Proyecto (MaRGIA)** será llevado adelante principalmente por el Departamento de Geodesia, su implantación y posterior utilización es necesariamente transversal a todo el Instituto, por lo cual todos los Departamentos formarán parte activa de este Proyecto.

Sin duda, la participación de estudiantes avanzados de la Carrera permitirá además, profundizar la formación geodésica de los futuros egresados, en un trabajo real, complejo e innovador.

## **Referencias Técnicas del Proyecto**

Tanto el Diseño, Implantación, Medición, Cálculo, Monografías, Documentación, Publicación y Mantenimiento se realizará bajo estándares vigentes tanto ISO, GUM, FGDC, y otros documentos técnicos a consultar.

Esto significa en los hechos, que esta Red deberá ser desarrollada con la menor incertidumbre posible en función de sus objetivos y su perduración en el tiempo, lo que implicará desarrollar una metodología integral, consistente y acompañada por instrumental pertinente a estos fines.

A modo de ejemplo, las observaciones GNSS serán post procesadas con tiempos de observación no menores a 6hs, en modo estático y en observaciones simultáneas mínimo de a pares, preferible de a ternas.

Por lo tanto será también una muy buena oportunidad para que todos los docentes involucrados compartamos activamente un aprendizaje en varios temas que normalmente no se desarrollan en nuestra docencia.

## **Fases del Proyecto**

### **I. DISEÑO**

El diseño implica seleccionar las ubicaciones y cantidad de candidatas a ser monumentadas teniendo en cuenta la configuración geométrica de la red, intervisibilidad (ETs y Niveles), minimización del multipath (GNSS), vinculación a MRGMVD2023 y Riesgos de Mantenimiento. En esta etapa se definirán claramente las diversas proyecciones cartográficas a ser utilizadas, ITRF y Marcos de Referencia. En el caso de Proyecciones Cartográficas, se definirá explícitamente una LOCAL basada en TM con meridiano central que atraviese el área operativa de la red.

### **II. IMPLANTACIÓN**

Monumentar con repere seleccionados de alta durabilidad y baja incertidumbre operativa y de identificación, los vértices seleccionados en el ítem primero.

### **III. MEDICIÓN**

Las observaciones serán realizadas de acuerdo a un plan definido previamente, donde se consideren incertidumbres, tolerancias y precisiones provenientes del pre-análisis, y las técnicas cruzadas de Observaciones ET, Nivel y GNSS.

### **IV. CALCULO**

Los diversos cálculos y compensaciones serán realizados de acuerdo a las recomendaciones técnicas definidas, software incluido, siendo validada esta fase por el responsable del Proyecto para su posterior documentación. Durante todo el proceso de cálculo se documentará exhaustivamente los pasos desarrollados, consideraciones técnicas, decisiones, software utilizado y seteos correspondientes.

### **V. MONOGRAFÍAS**

Luego de validadas las coordenadas de los vértices tanto geocéntricas-geodésicas como en las diversas proyecciones seleccionadas, se procederá a confeccionar las Monografías de cada vértice de acuerdo a las normas vigentes y compatibles con la Red Nacional IGM, Red MRGMVD2023 y MRGANP (por ejemplo, las alturas o niveles reducidos al Cero Oficial o PRH ex Wharton)

## VI. DOCUMENTACIÓN

Este proyecto está pensado para tener un inicio y no un término, ya que su mantenimiento y densificación se extenderá hasta que se invente algo que sustituya los marcos de referencia (se anunció su defunción hace años y sigue siendo imprescindible su existencia para Geodesia) consolidados en campo. Esto implica que es realmente importante llevar una adecuada y correcta documentación desde antecedentes, cada Fase, hasta posteriores densificaciones.

## VII. PUBLICACIÓN

Tanto la documentación como monografías, serán publicadas para su libre utilización en la web oficial del Instituto de Agrimensura, como un componente dinámico y en constante evolución.

## VIII. MANTENIMIENTO

La Fase de Mantenimiento, tarea muy importante y estratégica, incluye no solamente el monitoreo y cuidado físico de la Red, sino también todo aquello que refiere a su densificación y extensión de la misma, como así también cálculos relativos a actualizaciones de los ITRFs y sus velocidades. Este ítem es de especial importancia para involucrar estudiantes con Proyecto Final.

### **Tareas a Realizar y Participación:**

Los estudiantes acreditados en este Módulo, estarán involucrados en las Fases III y IV del Proyecto.

1. Inscripción al Módulo.
2. Presentación del Proyecto por parte del Docente (kick off // Clase).
3. Repaso de Conceptos asociados e Introducción a Redes Geodésicas (Clase).
4. Conformación de 3 a 4 grupos según cantidad de inscriptos.
5. Recorrida de Campo para conocimiento de la Implantación de la Red.
6. Presentación de Cronograma de Trabajo e Inventario de Equipos a Utilizar (Clase).
7. Prácticas Intensivas de manejo de Instrumental (libres y asistidas por Docentes).
8. Presentación de Pre Análisis, Metodologías, Instrumental y Tolerancias para Medición de la Red (Clase).
9. Inducción a Software de Procesamiento y Cálculo de Observaciones (libres y asistidas por Docentes).
10. Sesiones de Mediciones sobre la Red, en formato Nivelación Geométrica, Estación Total con Alturas, y GNSS (libres y asistidas por Docentes).
11. Análisis de Datos Observados y Parámetros Estadísticos (Clase).
12. Estrategias de Procesamiento de Datos y su Integración (Laboratorio asistido por Docentes).
13. Procesamiento e Integración de Datos (Laboratorio asistido por Docentes).

14. Informe de Cálculo y Revisión de Parámetros de Calidad del Ajuste de la Red (Laboratorio asistido por Docentes).
15. Presentación de la Monografía de Investigación sobre: “*PARÁMETROS DE CALIDAD EN AJUSTES DE REDES GEODÉSICAS GNSS*” (Clase).
16. Entrega de Monografías de los Vértices.
17. Evaluación Final y Retroalimentación (Clase).
18. Presentación del Trabajo realizado al Instituto de Agrimensura (Seminario).

### Modalidad de Trabajo y Evaluación:

El trabajo con los estudiantes se realizará en forma dinámica y participativa, acompañando el cuerpo docente en forma activa cada etapa del trayecto.

La aprobación final se realizará en base a 3 componentes:

- Participación Activa y ProActiva en todas las etapas del trabajo. Solo se admitirá una falta a las clases planteadas.
- Informe de Cálculo por grupos y su defensa aprobados.
- Monografía de Parámetro aprobada y Monografías de los vértices de la red.

### Tiempos Curriculares y Plazos

Se prevé un trabajo de 14 semanas con una dedicación de aproximadamente 8 horas semanales. Esta tarea implicaría la asignación de 8 créditos por esta actividad. Se sugiere que los créditos sean acreditados para Agrimensura en el Área de Geodesia.

### Equipo Docente

Responsable: **Fabián Barbato** [fbarbato@fing.edu.uy](mailto:fbarbato@fing.edu.uy)  
Fernanda Camisay  
Jorge Faure  
Jose L Fernandez (Campo)  
Hebenor Bermudez