



PROYECTO

RED GEODÉSICA DE APOYO A LA ENSEÑANZA E INVESTIGACION DEL INSTITUTO DE AGRIMENSURA (MaRG_IA)

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

A. Introducción

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

“A geodetic control network is a network, often of triangles, that are measured precisely by techniques of control surveying, such as terrestrial surveying or satellite geodesy. It is also known as a geodetic network, reference network, control point network, or simply control network.

A geodetic control network consists of stable, identifiable points with published datum values derived from observations that tie the points together.

Classically, a control is divided into horizontal (X-Y) and vertical (Z) controls (components of the control), however with the advent of satellite navigation systems, GNSS in particular, this division is becoming obsolete.”

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.

B. Objetivos del Proyecto

El objetivo del Proyecto (MaRGIA), es Diseñar, Implantar, Medir, Calcular, Mantener, Monografiar, Documentar y Publicar WEB una Red de Vértices Topo-Geodésicos como Marco de Referencia para las tareas de Docencia e Investigación del Instituto de Agrimensura y la Facultad de Ingeniería.

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 que permitan desarrollar trabajos de Prácticas y Teorías del Caso (Teoría de Errores) donde se puedan simular y ejecutar trabajos de la vida real profesional que incluyan prácticas observacionales, manejo instrumental, cálculo y verificaciones, 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.

Los Departamentos además aportarán sus visiones para incluir también referencias geo-espaciales para testeado y sensibilidad de otro tipo de equipos, como ser sensores remotos, scanners, auscultación, etc. todos referidos a la Red MaRG_IA.

C. 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.

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.

D. 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 atravesase el área operativa de la red. **CUMPLIDO**

II. IMPLANTACION

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

III. MEDICION

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. **MONOGRAFIAS**

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)

I. DOCUMENTACION

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 muy importante llevar una adecuada y correcta documentación desde antecedentes, de cada Fase hasta posteriores planificaciones.

II. PUBLICACION

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.

III. 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.

E. Identificación de Tareas y Recursos Asignados

Recursos Humanos (RRHH)

Estarán conformados por integrantes del Proyecto, y estudiantes que se vinculan a estas tareas en el marco del Módulo de Investigación de Geodesia 2024.

Asignacion de Tareas

Cada Fase tiene 1-2 responsables:

RESPONSABLES - INTEGRANTES

- ✓ FASE I: Fabian-Jorge
- ✓ FASEII: Fabian-Martin
- FASE III: Jorge-Martin-JLuis

Dentro de la **Fase Medición** se coordinó que:

- Martin con Jose Luis se encargan de ir testeando y separando Instrumental y accesorios.
- Jose Luis coordinará las Tareas de Campo.
- Nivelación: Jorge - JLuis
- GNSS: Fernanda - Fabian

FASE IV: Fernanda-Fabian-Jorge

FASE V: Verónica - Magali

FASE VI: José Luis - Hebenor

FASE VII: Hebenor - Veronica

FASE VIII: Fabian

Recursos Materiales (RRMM)

Para la correcta ejecución del Proyecto, un aspecto crucial es el equipamiento a utilizar. Como primera condición, deberán en lo posible utilizarse equipos de última generación, eventualmente alguno existente pero calibrado y sin arreglos anteriores, definición y prueba exhaustiva previa de seteos, parámetros y constantes, como así también aquellos insumos complementarios pero de real importancia como cintas, bases nivelantes con plomada óptica, targets recíprocos, reperes, etc.

Debemos tener en cuenta que sin pretender precisiones o incertidumbres excesivas o fuera de contexto, el MaRG_IA deberá estar en mejores condiciones que la media del mercado.

A modo de ejemplo, si en el IA hay ETs de 3", para asegurarnos precisiones adecuadas y de acuerdo a la formula general de Tolerancia, deberemos medir con ETs de 1" como mínimo. Por lo tanto el objetivo general es lograr que el MaRG_IA tenga un grado de incertidumbre de 1mm a 1.5mm para un intervalo de confianza de 95%.

Propuesta:

- 1 Base(con las especificaciones de BASE Permanente) GNSS a ser montada en pilar azotea de FING.
- 2 GNSS Bifrecuentes Geodésicos-Topográficos (incertidumbre posicional postproceso mejor que 1mm)
- (1+1) Estacion Total 1"
- 1 Nivel de Alta Precisión con accesorios y miras INVAR.
- 2 Cintas milimetradas contrastadas de acero
- 2 bases nivelantes con plomada óptica/laser
- Software de Procesamiento GNSS a definir (opensource y propietario)
- Software de Tratamiento de Errores (ya disponible en IA: JAMOVI, STAR*NET y @RISK incluyendo simulación Monte Carlo)
- Taladro a batería con percutor y Reperes inalterables (inox o bronce)
- Estrellas para Trípodes
- Otros

F. Política de Datos

La totalidad de los datos observacionales, procesados y validados serán de utilidad libre y pública.

G. Cronograma

El plazo de la ejecución del Proyecto será:

Marzo 2024 – Octubre 2024