

Ruíz de Salazar, Emilio

Programa de las lecciones de Geodesia explicadas durante el curso de 1866 a 1867 / por Emilio Ruiz de Salazar.

Madrid : Imprenta de Santiago Aguado, 1868.

Vol. encuadernado con 12 obras

Signatura: FEV-AV-M-01430 (07)

La obra reproducida forma parte de la colección de la Biblioteca del Banco de España y ha sido escaneada dentro de su proyecto de digitalización


<http://www.bde.es/bde/es/secciones/servicios/Profesionales/Biblioteca/Biblioteca.html>

Aviso legal

Se permite la utilización total o parcial de esta copia digital para fines sin ánimo de lucro siempre y cuando se cite la fuente

7

FACULTAD DE CIENCIAS.



1.ª Sección de exactas.

Período de la Licenciatura.

PROGRAMA

DE LAS

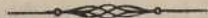
LECCIONES DE GEODESIA

explicadas durante el curso de 1866 á 1867

POR EL

Dr. D. EMILIO RUIZ DE SALAZAR,

Profesor encargado de dicha asignatura en la Universidad Central.



MADRID.

IMPRENTA DE SANTIAGO AGUADO,

CALLE DE LOS REYES, NÚM. 18.

—
1867.

INSTITUTO DE CIENCIAS

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales

PROGRAMA

LECCIONES DE GEODESIA

DE D. EMILIO RUIZ DE SANABAR

MADRID
IMPRESA DE SANTIAGO ARANDA

Dr. Carlos María Gay

PREFACIO.

Bien conocido es de todos cuantos á la difícil tarea de la enseñanza se dedican, lo infructuoso de los esfuerzos del profesor, cuando, sin un autor que pueda servir de texto en las respectivas asignaturas, sólo cuenta como único medio para inculcar los fundamentos de la ciencia que profesa con el fruto de sus lecciones orales, reflejado cuando más confusamente en las anotaciones que de aquellas vayan haciendo los discípulos más aplicados y celosos.

Si el profesor ha de dar la debida extension al estudio de las magníficas verdades que necesita difundir, presentando nuevos y anchurosos horizontes á la contemplacion de sus alumnos, es necesario que de antemano puedan estos iniciarse convenientemente en aquella obra de texto, que les sirva como de precioso manantial de las verdades fundamentales, y sea á propósito para que puedan prepararse á comprender mejor y más fácilmente, las más amplias y razonadas explicaciones: sin este prévio trabajo, los esfuerzos del profesor pasan cual fugaz metéoro hiriendo rápida y confusamente la imaginacion de los discípulos, que por diligentes que sean y aunque estén animados de los más vehementes deseos de progresar, y dotados de esquisito y esmerado tacto para redactar las lecciones, nunca pueden tales apuntes llegar á ser la fiel expresion de la doctrina vertida y explanada en las explicaciones.

Por estas y otras razones, que no es del caso examinar en esta breve introduccion, se comprende desde luego que ni los alumnos, sin estar preparados mediante el estudio del texto para hacer tales apuntes, conseguirán reunir todos aquellos datos suficientes y claros cuyo conjunto armónico y conexo constituya

un cuerpo de doctrina, que pueda servirles de texto; ni los maestros llevados del entusiasmo científico unas veces, é impulsados otras por el seductor interés, que en el ánimo inspiran las grandes conquistas científicas, no es fácil que al exponer sus ideas lo verifiquen de una manera tan lenta y pausada como para hacer tales apuntes se requiere: estilo semejante está las más veces en abierta oposicion con la espontaneidad y calor en el decir, propio de cierto carácter especial, no ménos que con la viveza y amenidad de que está generalmente dotada la imaginacion meridional.

De estas breves premisas viene á deducirse naturalmente que las asignaturas que carecen de texto nunca pueden ser tan bien estudiadas, ni de una manera tan claramente comprendidas, como aquellas en que sirviendo de base un autor determinado, vienen á ser los estudios de los alumnos como la preparacion del terreno para que al caer en él la semilla se desenvuelva y fructifique con el hálito vivificador de las explicaciones. El estudio preliminar de un libro de texto predispone y enriquece admirablemente, la inteligencia del discípulo, y abriendo campo á las extensas explicaciones del profesor, ya amplíe, compare ó condense metódicamente los diferentes principios y teorías, conduce á los alumnos, sin el temor de la confusion, ni el recelo de lamentables extravíos, por un camino más firme y desembarazado, en cuya marcha deductiva pueden hacer alto sin confundirse, cuando tengan necesidad de meditar ó reflexionar sobre algunas cuestiones; pero con el recurso de tener siempre á la vista el punto de partida, sin riesgo de olvidar lo anteriormente expuesto y con la ventaja de hallarse el alumno convenientemente preparado para comprender con facilidad no sólo sus estudios privados, sino tambien las explicaciones que más adelante haya de escuchar.

De este importante recurso están privados sensiblemente los alumnos de Geodesia. Esta asignatura carece verdaderamente de un autor de texto, por más que en la lista oficial se hallen designados algunos: pero ninguno de estos, ni otros varios que de esta ciencia se ocupan y que andan con frecuencia entre las manos, tiene la disposicion y conveniente extension de teorías que

requiere esta asignatura , si se la ha de enseñar de la manera amplia que á la Facultad de Ciencias corresponde.

Así, pues, es indispensable llenar en lo posible el gran vacío que en Geodesia, como en cualquier otra asignatura de una importancia semejante, deja la carencia de su texto, á fin de atenuar al ménos los graves perjuicios que de falta tan trascendental no pueden ménos de seguirse. Muy grato nos seria poder satisfacer de la manera más cabal esta necesidad; pero ni nos hacemos la ilusion de que llenaríamos cumplidamente tan elevada empresa, ni las circunstancias especiales en que nos encontramos son suficientemente favorables á la publicacion de un libro para la enseñanza de la Geodesia, acomodado al órden que llevamos expuesto en las explicaciones de esta asignatura, durante los dos cursos académicos de 1865 á 1866 y de 1866 á 1867.

Pero ya que no nos sea posible acometer al presente tan delicada tarea, no hemos juzgado decoroso, ni digno de quien durante dos años ha desempeñado esta asignatura, renunciar al propósito de presentar una prueba, que, aunque pequeña, sea al ménos un testimonio evidente de nuestro buen deseo.

Persuadidos, despues de repetidas reflexiones, de que un programa detallado de Geodesia, ha de aminorar los efectos de la carencia de la obra indicada, nos hemos resuelto á publicarle; pero antes de pasar á su exposicion creemos oportuno hacer algunas ligeras consideraciones acerca de su importancia, utilidad, y fines que deben tenerse presentes.

Corto es el número de las asignaturas en las que no exista su respectivo programa, aun cuando algunas veces se le haya reducido meramente á dividir cada una de ellas en períodos ó partes próximamente de la misma extension, á pesar de que en no pocas se hayan mirado con un desden innecesario, reduciendo la escasa utilidad que, como de gracia se les concediera á las épocas de exámenes, en que el profesor puede formular de esta manera sus preguntas bajo la misma forma que los alumnos los han tenido que considerar para estudiarlas y aprenderlas.

Esta manera poco feliz de apreciar la utilidad de los progra-

mas, no se puede juzgar de acertada, ni mucho menos de exacta, porque su alta y trascendental importancia no puede deducirse, ni cabe tampoco dentro de los fines que en nuestro juicio, revela la poca elevacion de los que de una manera tan inconveniente suelen apreciar aquellas cosas que sólo pueden depurarse en el crisol de la filosoffa.

Aun concediendo, como suponen algunos, que estos programas fuesen nada más que los índices detallados de las respectivas asignaturas, es preciso tener presente que por esta sola circunstancia, no es posible valorar su importancia, porque es necesario que reunan á un mismo tiempo otras diversas condiciones. Es preciso que la índole orgánica de los programas sea tal, que constituyan (especialmente respecto de las materias que carecen de texto), el armazon de todo su edificio doctrinal: es necesario que sirvan como de boceto al gran cuadro de toda una asignatura, en el cual se marquen con la claridad posible, todos los principales trazos ó lineamentos de las relaciones de unas teorías con otras, su prelación y órden conveniente, la extension acordada á cada uno de los puntos principales que comprende, descendiendo despues, en caso necesario, á los detalles que aunque de menor importancia, arrojan abundante luz para la más cabal y clara inteligencia de la materia.

Bajo este punto de vista los programas servirían sin duda alguna de positiva utilidad en la enseñanza, y lejos de predisponer y contribuir á que los alumnos reduzan sus estudios á lo puramente preciso para responder estrictamente y de un modo categóricó á las preguntas contenidas en las lecciones, con notable perjuicio de su adelantamiento en la ciencia, se convertirían en cuadros sinópticos de todas las teorías; y descartados de los detalles, servirían también como de complemento y de medio breve para fijar la posición relativa de los conocimientos que en detalle hayan sido presentados; pero con dificultad tan profunda y detenidamente meditados, que hayan gustado desde luego los alumnos sus verdades con el sabor filosófico que de esta manera puede adquirirse y que tan necesario es para asentar sucesivamente y sobre duraderas bases los estudios hechos en cualquiera de las ciencias.

De lo dicho se infiere clara y terminantemente que, considerados los programas bajo este concepto, adquieren grandísima importancia, porque sirven de recuerdo al profesor para el orden y extension de sus explicaciones, y más principalmente porque con ellos se proporciona á los alumnos el índice detallado de una asignatura, facilitándoles, á la vez que el modo de hacer los apuntes que vayan formando, un medio sencillo de considerarla filosóficamente y á grandes rasgos, último estudio que debe hacerse, para que pueda ser útil despues como primero y necesario al emprender la de otras materias más superiores.

Para llenar todos estos fines, es preciso un gran cuidado al redactar los programas, á fin de que llenando más cumplidamente su mision, se alejen y pierdan la simple condicion de indices, elevándose á más importantes consideraciones.

Una ordenada y bien meditada exposicion, segun los principios de la ciencia, donde se establezcan éstos de tal manera, que fácilmente y sin más que aumentar y extender convenientemente las explicaciones del Catedrático, se pudiera formar un libro aceptable para la enseñanza de la respectiva asignatura, es la condicion que en nuestro concepto debe caracterizar y dar importancia á los programas.

Despues de estas breves consideraciones, naturalmente viene á nuestra reflexion la imperiosa necesidad no sólo de que todas las asignaturas tengan su programa, sino de que estos se revisen de cierto en cierto tiempo por la junta general de Catedráticos, á fin de que en cada Facultad se estableciese un orden gradual y armónico de los conocimientos, encerrando cada asignatura dentro de sus verdaderos límites, para que se realicen sus dos objetos principales: el 1.º, la enseñanza de la respectiva asignatura considerada en sí misma; y el 2.º, la preparacion necesaria para continuar la ciencia en los estudios posteriores; de lo cual gran ventaja habrian de reportar los profesores, y por consiguiente las enseñanzas que se dan en cada Facultad, porque de esta manera, conociendo cada uno la extension de su asignatura y estableciendo el orden conforme y necesario entre ellas, los alumnos así cimentados raras veces se encontrarían en el caso de tener que edificar falsamente, viéndose en la dura alternativa de

fundar los cimientos á expensas de perseverante trabajo ó de fórmulas poco duraderas, cubriendo únicamente las apariencias, siendo de temer que representen el mismo papel relativamente a los conocimientos que hayan de adquirir más adelante, de cuya confusion se obtiene despues de algunos años, no la ciencia que habria de labrar su halagüeño porvenir, sino el completo y triste desengaño de su ineptitud, y el lastimoso convencimiento de la inutilidad de todos aquellos esfuerzos y sacrificios malamente encaminados.

Gravísimo y de profunda trascendencia es lo que sobre este punto dejamos indicado, y muy tristes serian tambien las consecuencias que deduciríamos de lo mucho que pudiéramos añadir, sino fuera extemporáneo; pero despues de lo que dejamos apuntado, necesario se hace concluir este concepto asentando que, de la falta de ese orden armónico que se observa en las asignaturas en sus mismas consecuencias tan fatales como lógicas, y de las demás consideraciones anteriores, nace principalmente el lamentable desengaño de que los estudios universitarios no produzcan los resultados que fueran de desear, y que se obtendrian indudablemente de las buenas disposiciones de que está dotada la mayoría de los alumnos que concurren á nuestras clases.

Téngase presente que no aducimos todas estas precedentes reflexiones para dar importancia á este ligero trabajo, sencillo, á no dudar, imperfecto y sin ningun género de pretensiones, sino para que se comprendan los poderosos móviles que nos han impulsado á redactarle y á fin de autorizar de esta manera, á nuestro juicio, su publicacion, cuyo único y exclusivo propósito vá dirigido á facilitar el estudio de la asignatura de Geodesia, y quizás á servir de plan, más ó ménos modificado posteriormente, para el desarrollo y redaccion de una obra que pudiera ser de alguna utilidad.

En dos partes consideramos dividido este programa: La 1.^a, que trata de la *Geomorfia celeste* (1), ó sea la exposicion de los

(1) Nos hemos extendido en esta primera parte algo más de lo puramente necesario, porque ha de servir de preparacion para el curso siguiente de *Astronomia fisica y de observacion*, por cuyo motivo he creido conveniente en la clase que tengo á mi cargo, que los alumnos redacten unos cuadernos en vista de mis explicaciones.

métodos astronómicos que sirven para la resolución de los problemas de que la Geodesia ha menester. La 2.^a, que trata de la *Geomorfia terrestre* en sus dos divisiones de *Geomorfia propiamente tal* y *Topografía*, es decir, de los métodos seguidos más generalmente para obtener la medición de la tierra, ya en su totalidad, ya en una gran parte, ó en una extensión más reducida, para servir despues de base á otros estudios de más utilidad y trascendencia.

ADVERTENCIA.

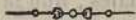
Entiéndase que las lecciones en que está dividido el Programa, de ninguna manera indican que cada una sea objeto de la explicación de un día de clase.

motivos razonables que sirven para la resolución de las dudas
de las de que la propiedad de las mercancías. La 2.ª que trata de la
Gestión de la tierra en sus dos divisiones de Comercio propio
nada en el Y.º y en el 2.º de los motivos que sirven para
reconocer el país objeto de la tierra, ya en su
totalidad, ya en una parte, a su una extensión más o menos
de para servir después de hacer a otros estudios de sus
y sus condiciones.

ADVERTENCIA

Los datos que se han reunido en este libro son el resultado de un
trabajo que ha costado al autor mucho tiempo y esfuerzo, y que
ha sido el objeto de sus estudios y de sus investigaciones.
Por tanto, se ruega a los señores que lo lean, que lo tengan en cuenta
de manera que no se sirvan de él para hacer otros trabajos de
esta naturaleza, sin el consentimiento expreso del autor, y que
siempre que se cite a este libro, se cite también el nombre del
autor, para que se sepa que el trabajo es suyo, y para que se
pueda dar crédito a sus datos, y para que se sepa que el
autor es el responsable de los datos que se dan en este libro.
Y se ruega a los señores que lo lean, que lo tengan en cuenta
de manera que no se sirvan de él para hacer otros trabajos de
esta naturaleza, sin el consentimiento expreso del autor, y que
siempre que se cite a este libro, se cite también el nombre del
autor, para que se sepa que el trabajo es suyo, y para que se
pueda dar crédito a sus datos, y para que se sepa que el
autor es el responsable de los datos que se dan en este libro.
Y se ruega a los señores que lo lean, que lo tengan en cuenta
de manera que no se sirvan de él para hacer otros trabajos de
esta naturaleza, sin el consentimiento expreso del autor, y que
siempre que se cite a este libro, se cite también el nombre del
autor, para que se sepa que el trabajo es suyo, y para que se
pueda dar crédito a sus datos, y para que se sepa que el
autor es el responsable de los datos que se dan en este libro.

GEOMORFIA CELESTE.



PRIMERA PARTE.

INTRODUCCION.

Creyendo de alguna utilidad presentar una breve idea general de esta primera parte, vamos á consignar de un modo rapido algunas consideraciones encaminadas á poner más de relieve las relaciones y extension conveniente de las lecciones de la Geomorfia celeste, que han de servir tambien como de preliminar á la Astronomía.

Esta primera parte nos suministra la resolucion de problemas, que perteneciendo á la ciencia astronómica, son de imprescindible aplicacion en la Geodesia, que toma por esta causa el nombre de Geomorfia celeste, denominando análogamente Geomorfia terrestre la parte que tiene por objeto la aplicacion de estos conocimientos, como auxiliares á los métodos propios, por los cuales venimos en conocimiento de la forma y magnitud de la tierra, objeto de la Geodesia, que á su vez ha suministrado la resolucion de la gravitacion universal, y con ella la de tantos problemas de la mecánica celeste, por los cuales conocemos aquellas armonías tan supremamente admirables, como sábiamente dispuestas, que mantienen los planetas balanceándose en la inmensidad. Otras aplicaciones no menos importantes y ventajosas á la sociedad se desprenden de los estudios geodésicos, ya guiando las operaciones de construccion de caminos, canales, etc., ya los trabajos de conservacion y conveniente direccion de los montes: unas dando al arte militar medios para hacer más eficaces sus recursos, y otras al marino métodos fáciles de seguir su derrote-

ro y verificar sus largos y comprometidos viajes, al mismo tiempo que le enseña á fijar la posicion de sus descubrimientos, y finalmente, otras muchísimas aplicaciones que pudiéramos enumerar.

Los problemas principales, que la Geomorfia celeste nos resuelve, son los de latitud, longitud y azimut; á la verdad que pudieran haberse expuesto de la manera más sencilla y de más facil aplicacion, lo cual análogamente á lo que hacen algunos autores hubiera reducido mucho esta primera parte: nosotros hemos creido conveniente, por las razones expuestas, proceder del siguiente modo.

Despues de unas brevísimas ideas sobre los astros, enseñando á conocer los principales y las leyes del movimiento diurno, pasamos, como es natural, sabiendo ya distinguirlos á su determinacion, para lo cual exponemos los diferentes sistemas de coordenadas, y á continuacion la teoría completa de la trasformacion de unas en otras.

Los astros, así determinados, son los que tenemos que observar para la resolucion de nuestros problemas de latitud, longitud y azimut, que fijan los diferentes puntos de la tierra, refiriéndolos á puntos fijos en el espacio, como son los astros.

Pasamos por lo tanto al exámen de las diferentes clases de observaciones astronómicas, que, siguiendo autores conocidos, dividimos en cuatro clases. A la primera, pertenecen las que se refieren á la medida del tiempo; á la segunda, las que aprecian el instante preciso del paso de un astro por el meridiano; á la tercera, las que determinan distancias angulares, y á la cuarta, las que tienen por ojeto el estudio físico de los cuerpos celestes: en cada una de ellas tratamos de los instrumentos que las realizan, estudiando su composicion, uso y correcciones, é indicando cómo estos instrumentos se auxilian y completan recíprocamente: vemos que los cronómetros, que son los que primero consideramos, nos suministran un movimiento uniforme que de poco nos serviria sino le relacionáramos con las observaciones hechas con el anteojó meridiano, que corresponde á los de la segunda clase y á su vez necesita de los primeros para hacer provechosas las demás observaciones: el anteojó meridiano necesi-

ta tambien para su completo uso, de instrumentos que sirvan para medir ángulos, los cuales habilitan para la medicion de estos al teodolito, círculo-repetidor, sextante, etc.; instrumentos que realizan por completo las observaciones pertenecientes á la tercera clase unida á la cuarta, que comprenden los destinados al estudio físico de los astros, como son los telescopios y anteojos de gran fuerza por medio de la ecuatorial.

Lógicamente se deduce que debe pasarse, como así lo hacemos, á estudiar las teorías que se apoyan en los resultados de dichas observaciones, teorías que del mismo modo guardan indudablemente entre sí la misma relacion de reciprocidad. Debemos por lo tanto tratar primeramente la teoria del tiempo, la del uso del anteojo meridiano, la de latitud, longitud y azimut, prescindiendo de las que pertenecen á la última clase de observaciones, por ser ajenas de este lugar.

Hemos creído oportuno dividir la teoría del tiempo en tres partes principales: ideas fundamentales: conversiones de un tiempo á otro; y procedimientos para tener hora; con lo cual y en virtud de la manera como han sido consideradas, hemos creído presentar esta teoría, en nuestro humilde parecer, de un modo más claro y fácil de como generalmente se halla expuesta.

En la primera parte, despues de algunas ligeras consideraciones filosóficas sobre la idea del tiempo, pasamos á investigar su medida, para lo cual indagamos la unidad presentando las diferentes clases que pueden considerarse la sidérea y la solar: la primera, que reúne las verdaderas condiciones de unidad; la segunda, que es preciso modificar, pues que de ella nos hemos de valer por referirse á un astro tan notable como el sol y por el cual arreglamos nuestras faenas. Preciso es, por tanto, modificar el día verdadero, para lo cual despues de estudiar las causas por las que no sirve de unidad por medio de sus relaciones con el día sidéreo, introducimos una unidad artificial referida á un astro ficticio que se llama sol medio, y que reuniendo las condiciones necesarias, para considerarle como constante en su movimiento, le elegimos como unidad de una clase de tiempo que se llama medio.

Tratamos despues de las relaciones del tiempo sidéreo y el

solar medio, investigando finalmente la ecuacion de tiempo, los diferentes modos como puede considerarse y la manera de deducirla.

En las conversiones de tiempo hay que tratar de las de tiempo sidéreo á medio, de medio á verdadero, y por lo tanto de sidéreo á verdadero y sus recíprocos, distinguiendo las conversiones de intervalos de tiempo y las de horas.

En los procedimientos para tener hora exponemos los tres métodos; el de el paso de un astro por el meridiano, el de alturas correspondientes y el de alturas absolutas.

Concluida la teoria del tiempo, pasamos á tratar del uso del antejo meridiano. Indicamos primeramente los dos objetos que se propone, reduciendo la investigacion de la ascension recta á la de los términos; T hora en tiempo sidéreo que marca un péndulo cuando un astro pasa por el meridiano, ΔT estado del péndulo, y E errores que provienen del antejo meridiano y que forman la ecuacion $AR = T + \Delta T + E$. Para hallar la declinacion tratamos de la determinacion del punto zenit y del punto horizonte.

Principiamos seguidamente la investigacion de latitudes, longitudes y azimutes que depende de la medida de ángulos, razon por la cual la colocamos en este lugar y damos á conocer en cada problema los procedimientos más principales.

En la determinacion de latitudes exponemos las deducidas por observaciones meridianas y por las extrameridianas, terminando con el estudio crítico de los diferentes métodos.

En las longitudes, despues de una minuciosa enumeracion de los diferentes procedimientos, que se pueden seguir, pasamos á los detalles y cálculos de los principales, terminando con una reseña crítica de todos ellos.

En los azimutes distinguimos sus dos partes principales: azimut de una señal y fijacion de una señal, considerando cada una con el detalle conveniente.

Como complemento de los problemas de latitud, longitud y azimut, reasumimos el método notable de Houzeau para determinar simultáneamente latitud, longitud, azimut y hora.

Despues pasamos á tratar las correcciones generales de las observaciones independientes, de los instrumentos y del observa-

dor, si bien de un modo rápido, por no ser de este lugar el entrar de lleno en la cuestion.

Terminamos esta primera parte del programa con la indicacion de las tablas y disposicion que deben tener los cálculos que se ejecutan, para resolver las cuestiones que quedan indicadas.

De esta manera hemos creido satisfacer las condiciones necesarias, que debe reunir por su propia índole la Geomorfia celeste, teniendo presente su posicion intermedia entre la Cosmografía y la Astronomía.

El órden que sucintamente dejamos expuesto y cuyos detalles principales se consignan en el programa, nos parece lógico segun se deduce de esta introduccion, en la cual nos ha sido imposible detenernos más, so pena de darla una extension inconveniente; sobre todo habiéndonos propuesto únicamente preparar la atencion del lector, á fin de que con más provecho pueda fijarse en el órden y en la extension de las lecciones, que en nuestro concepto exponen con la mayor naturalidad la Geomorfia celeste.

LECCION PRIMERA.

Idea general de la asignatura.

Definición de la Geodesia.

Relaciones que tiene con las demás ciencias.

Rápida noticia histórica de la Geodesia.

Idea general de las operaciones geodésicas.

Modo de proceder en su estudio.

LECCION 2.^a

De los astros.

Aspecto general del cielo. Su descripción.

Estrellas. Su clasificación. Número aproximado de 1.^a, 2.^a y 3.^a magnitud.

Distancias angulares, sus variaciones.

Esfera celeste. Constelaciones.

Uso del método de las alineaciones para conocer las siguientes: Casiopea, Cefeo, Pegasus, Andrómeda, Perseo, Dragon, Cochero, Bueyero, la Lira, el Cisne, el Aguila, Orion, el Perro grande, el Perro chico, el Toro, las Pléyades, las Híades, la Virgen, los Gemelos y el Leon, determinando las que son notables por tener estrellas de primera magnitud.

Estrellas de estado.

Leyes del movimiento diurno. Primer estudio, preliminares.

Enunciación de estas leyes.

Segundo estudio. Verificación por deducciones geométricas respecto al ecuador, á los paralelos y á los meridianos y por la comprobación de los instrumentos.

LECCION 3.^a

Determinacion de los astros en el cielo.

Diferentes sistemas de coordenadas. Estudio de cada uno de ellos, origen, signos. Uso general de cada uno.

Recuerdo de la trigonometría esférica.

Fórmulas de Bessel para la resolución general de los triángulos esféricos, su investigación, ventajas que ofrecen. Regla general para su aplicación.

LECCION 4.^a

Trasformacion de coordenadas.

Casos generales que hay que considerar en la transformación de las coordenadas.

Primer caso particular del primero general. Pasar de azimut y altura a horario y declinación. Fórmulas. Transformación para hacerlas aplicables al cálculo logarítmico.

Fórmulas que se emplearían si se quisiera hallar también el ángulo paraláctico conocidas por fórmulas de Gauss.

Errores totales en las incógnitas declinación δ y horario τ por errores de la distancia zenital dz , de la latitud $d\varphi$, y del azimut dA . Consecuencias que se deducen. Cómo influye en δ y τ el error de latitud.

Problema inverso. Dados el horario y declinación hallar el azimut y la altura. Fórmulas. Y su aplicación al cálculo logarítmico.

Modificaciones del cálculo si sólo se pide la distancia zenital.

Fórmulas si sólo se necesita la distancia zenital y el ángulo paraláctico q .

LECCION 5.^a

Continuacion de la transformación de coordenadas.

Casos particulares.

Hallar el azimut y la distancia zenital de un astro que ha pasado por el meridiano hace 6 horas.

Determinar τ , z y q , cuando pasa por el primer vertical. Su discusion.

Horario de un ástro en el horizonte. Su discusion y consecuencia para explicar la desigualdad de los dias.

Hallar el punto del horizonte por donde sale un ástro conocido. Hallar la amplitud.

Segundo caso particular del primero general. Pasar de horario y declinacion á ascension recta y declinacion. Fórmulas.

Expresiones que nos dan los valores de las incógnitas. Aplicacion al cálculo logarítmico.

Caso inverso.

Tercer caso particular del primero general. Pasar de ascension recta y declinacion á longitud y latitud. Fórmulas.

Caso inverso.

Segundo caso general de la teoría de trasformacion de coordenadas. Pasar de coordenadas esféricas á rectilíneas, sus relaciones.

Tercer caso general. Trasformacion de las coordenadas polares.

Cuarto caso general. Pasar de coordenadas geocéntricas á heliocéntricas.

LECCIONES 6.^a y 7.^a

Observaciones astronómicas.

Diferentes clases de observaciones astronómicas.

Instrumentos propios para medir el tiempo. Nociones preliminares.

Partes principales de que consta un reloj.

Péndulo astronómico. Descripcion de las partes de que consta. Cronómetros.

Instrumentos propios para apreciar el instante del paso de un astro por el meridiano. Anteojo meridiano.

Nociones generales de los anteojos. Aumento que producen. Medios para apreciarle.

Claridad de la imágen. Límite del aumento. Campo del anteojo. Oculares.

Descripcion del anteojo meridiano y de los círculos que sirven para medir la declinacion ó la distancia polar. Rectificaciones y piezas con que se verifican.

Descripcion del nivel. Fórmula de lectura. Determinacion de lo que vale cada parte del nivel.

LECCION 8.^a

Instrumentos propios para medir ángulos.

Consideraciones generales.

Nonius. Fórmula de la apreciacion del nonius. Regla práctica para determinarla. Número de partes que ha de tener el nonius para que dé una aproximacion dada.

Microscopios de lectura. Su descripcion y ventajas que ofrecen. Cómo se hace una lectura.

Círculo repetidor.

Principio en que están fundados los instrumentos repetidores.

Descripcion del círculo repetidor. Su construccion.

Uso de este instrumento. Observacion de un ángulo. De una distancia zenital. Verificaciones y rectificaciones.

Teodolito. Qué ventajas ofrece.

Descripcion y principales modificaciones del teodolito.

Verificaciones y rectificaciones. Colocar el limbo horizontal. Centrar el anteojo; ya centrado que sea paralelo á la tangente del punto medio del nivel á que vá unido. Anotar si cuando el plano del limbo está horizontal y el nivel del anteojo tambien, la línea de fé del nonius ó su cero, coincide con el cero ó limbo vertical.

Uso del teodolito para medir ángulos horizontales y verticales.

Sextante.

Principio en que se fundan los goniómetros de reflexion.

Descripcion del sextante.

Verificaciones y rectificaciones. Que el cero del nonius coincida con el cero del limbo, cuando los espejos son paralelos. Que los planos de los espejos sean perpendiculares al limbo. Que el eje del anteojo sea paralelo al limbo.

Uso del sextante.

:

Círculo de reflexion.

Qué ventajas tiene respecto al sextante.

Descripcion. Construccion de este instrumento.

Verificaciones y rectificaciones. Que el eje del antejo sea paralelo al plano del limbo. Que los espejos sean perpendiculares á este mismo.

Uso del círculo de reflexion.

Instrumentos que sirven para el estudio físico de los astros.

Breve idea de la ecuatorial. Telescopios más principales.

Descripcion del de Mr. Rosse.

LECCION 9.^a

Recuerdo de la Cosmografía.

Del sol y la luna.

Breve idea del movimiento aparente del sol.

Rotacion de la tierra.

Breve idea de la luna, su movimiento, sus fases.

Eclipses en general, sus diferentes clases y condiciones para que se verifique.

Ocultacion de las estrellas por la luna.

De los planetas.

Paso de algunos por el disco del sol.

De los cometas.

Leyes de Kepler. Exposicion abreviada del sistema planetario.

LECCIONES 10 y 11.

Teoría del tiempo.

Consideraciones generales de esta teoría.

Definicion del tiempo.

Necesidad de medirle. Diferentes orígenes.

Unidad. Diferentes clases. Dia sidéreo, solar.

Relaciones entre el tiempo sidéreo y el solar. Ecuacion fundamental de la teoría del tiempo. Consecuencia de que el dia solar es mayor que el sidéreo. Explicacion de cómo varía el dia solar.

Modo de hacer el día solar uniforme. Tiempo medio.

Relacion entre el día sidéreo y el solar medio. Año trópico y sideral.

Orígen del día medio. Subdivisiones.

Ecuacion en general. Ecuacion de tiempo. Diferentes modos considerarla.

Hallar la ecuacion de tiempo. Su aplicacion. Valores particulares. Su indicacion en las efemérides.

Ligera idea de la fórmula general que sirve para hallar la ecuacion del tiempo y para construir las tablas.

LECCION 12.

Conversiones de tiempo.

Clases de tiempo que se observan. Conversiones que pueden existir. Diferentes clases de conversiones. Caso particular de la conversion de horas.

Estado de un péndulo. Movimiento diurno.

LECCION 13.

Procedimientos para tener hora.

Por observaciones meridianas. Por observaciones extrameridianas.

Determinacion de la hora por el paso del sol ó de una estrella conocida por el meridiano.

Determinacion de la hora por alturas correspondientes. Trazar la meridiana.

Determinacion de la hora por alturas absolutas ó distancias zenitales del sol ó de una estrella.

Hallar el error $d\tau$ del horario de un astro, por el error dz de la distancia zenital v nor el $d\varphi$ de la latitud. Discusion.

LECCIONES 14 y 15.

Uso del anteojo meridiano.

Idea general del *uso* del anteojo meridiano.

Deducion de la fórmula que determina en tiempo sidéreo el paso de un astro por el meridiano ó sea $AR=T+\Delta T+E$.

Operaciones que hay que hacer para hallar la AR ó la determinacion de la hora sidérea.

Observacion del paso del astro. Determinacion de T.

Hora sidérea cuando un astro pasa por cada hilo.

Distancia de los hilos expresada por vueltas del tornillo micrométrico del hilo móvil.

Determinacion del hilo promedio.

Averiguacion de cuánto vale cada vuelta del tornillo en tiempo.

Distancias ecuatoriales de cada hilo al promedio.

Reduccion de la hora del paso por cada hilo fijo, á la efectuada por el hilo promedio.

Hora del péndulo en el momento del paso del astro por el hilo promedio ó sea valor de T.

De qué manera influyen los errores del anteojo meridiano en este valor de T. Fórmula.

Determinar estos errores.

Error de inclinacion. Nivelacion.

Error de colimacion. Determinacion de un hilo sin colimacion. Observacion de la polar.

Error de azimut.

Observacion de dos estrellas una polar y otra ecuatorial.

Hallar la declinacion de un astro.

Fórmula que liga la declinacion, la latitud y la distancia zenital.

Determinacion del punto horizonte. Coliniador.

Determinacion del zenit. Horizonte artificial.

LECCIONES 16 y 17.

Determinacion de latitudes.

Por observaciones meridianas. Por observaciones extrameridianas.

Determinacion de la latitud por dos pasos meridianos, uno superior y otro inferior. Fórmula de la latitud y correcciones que hay que tener presentes.

Por alturas meridianas. Correcciones que hay que tener presentes, teniendo en cuenta que las estrellas que se usan en la Geomorfia celeste son de estado y por lo tanto perfectamente determinadas.

Ligeras consideraciones sobre los errores de la distancia zenital.

Por alturas observadas cerca del meridiano, ó sea método de Delambre. Resúmen de las operaciones que hay que llevar á cabo. Estudio de las diversas causas de error, relativas á la marcha del péndulo y á la duracion de las observaciones. Aplicacion de este método á las estrellas circumpolares.

Por alturas de la polar observada en un instante cualquiera. Observaciones que hay que tener presentes.

Determinacion simultánea de latitud y hora. Por diferentes alturas de un astro. Por tres estrellas que sucesivamente se observan en una misma altura incógnita, conociendo los intervalos de tiempo correspondientes, á los momentos en que han llegado á la misma altura.

Determinacion de la latitud, por la observacion con instrumentos zenitales.

Por observaciones azimutales.

Por pasos de las estrellas por el primer vertical.

Estudio crítico de los diferentes métodos y de las relaciones que entre ellos existen.

LECCIONES 18 y 19.

Determinacion de longitudes.

Idea general del problema. Diferencia con el de latitudes.

Rápida noticia de los principales métodos, por eclipses de sol; por eclipses de los satélites de Júpiter; por ocultaciones de las estrellas; por la luna; por pasos de la luna por el meridiano observados en dos estaciones; por distancias lunares; por las culminaciones de una estrella y un borde de la luna; por los cronómetros; por las señales de fuego y por las señales telegráficas.

Detalles y cálculos de la determinación de la longitud.

Por los eclipses de sol. Fórmulas y su aplicación.

Por las ocultaciones de las estrellas. Fórmulas y su aplicación. Observaciones que hay que tener presentes.

Por los pasos de la luna por el meridiano observados en dos estaciones. Fórmulas y su aplicación.

Por las culminaciones de una estrella y un borde de la luna observados en dos estaciones. Fórmulas; aplicación y causa de error.

Por los cronómetros.

Por las distancias lunares. Resumen del método. Fórmula de la distancia verdadera.

Ligera idea crítica de los diversos métodos.

LECCIONES 20 y 21.

Determinación del azimut.

Idea general del problema.

Azimut de un astro. Conociendo hora y latitud. Conociendo la distancia zenital á su salida y á su postura.

Azimut de una señal. Qué es y para qué sirve. Fijar la posición de una señal por las digresiones de la polar.

Hallar *el azimut de una polar á una hora dada.*

Procedimiento para obtener simultáneamente, latitud, longitud, azimut y hora debido á Mr. Houzeau.

LECCIONES 22 y 23.

Correcciones generales de las observaciones independientes de los instrumentos.

Correcciones que hay que tener presentes, teniendo en cuen-

ta que la Geomorfia celeste únicamente se vale de estrellas de estado.

Refraccion. Su efecto; cómo varía y de quién depende; tablas; su construccion.

Paralage. Su efecto; cómo varía; de quién depende.

Fórmulas de paralage en altura, horizontal y ecuatorial.

Semidiámetros, cómo influyen en la altura, cómo se determinan.

LECCION 24.

Tablas y disposicion de los cálculos relativos á las principales cuestiones de la Geomorfia celeste.

De las tablas astronómicas y su uso. Catálogos. Efemérides.

Disposicion de los cálculos para la determinacion del tiempo por alturas absolutas.

Para la determinacion de latitud por distancias meridianas del sol.

Para la determinacion de latitud por la polar cerca del meridiano.

Para la determinacion del azimut por observacion del sol.

Para la determinacion de la longitud por las distancias del sol á la luna.

en que se encuentran estas disposiciones.
 disposiciones que se encuentran en el
 de las disposiciones que se encuentran en el
 de las disposiciones que se encuentran en el
 de las disposiciones que se encuentran en el

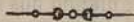
Tablas y disposiciones de los estatutos y las
 disposiciones que se encuentran en el

de las tablas que se encuentran en el
 de las tablas que se encuentran en el
 de las tablas que se encuentran en el
 de las tablas que se encuentran en el
 de las tablas que se encuentran en el
 de las tablas que se encuentran en el

de las tablas que se encuentran en el
 de las tablas que se encuentran en el
 de las tablas que se encuentran en el
 de las tablas que se encuentran en el

de las tablas que se encuentran en el
 de las tablas que se encuentran en el
 de las tablas que se encuentran en el
 de las tablas que se encuentran en el
 de las tablas que se encuentran en el
 de las tablas que se encuentran en el

GEOMORFIA TERRESTRE.



SEGUNDA PARTE.

INTRODUCCION.

Esta segunda parte, intitulada Geomorfia terrestre, nos proporciona la investigacion de la forma de la tierra.

Despues de recordar el objeto ya particular, ya general de la Geodesia, consideramos dividida la Geomorfia terrestre en dos partes principales: la primera que trata de las operaciones geodésicas y la segunda del empleo de estas operaciones para deducir finalmente la forma de la tierra.

Nos ocupamos en primer lugar de la enunciacion y division de las operaciones, que se hacen en el terreno, tratando en detalle cada una de ellas de la manera siguiente:

Estudiamos las operaciones preliminares, como son el reconocimiento del terreno y la eleccion, construccion y colocacion de las señales para formar los triángulos de 1.º, 2.º y 3.º orden.

Ocupa inmediatamente nuestra atencion *la medida de bases*, considerando las dos partes que en ella debemos tener presentes: la primera que trata de las operaciones, que para dicha medida se ejecutan y los instrumentos con que se llevan á cabo: la segunda de las correcciones, que es necesario hacer, para referir esta base, que ya suponemos perfectamente medida (cuyas correcciones son referentes ya á los aparatos mismos, ó ya á su colocacion ó á la reduccion del terreno medido) á un arco de círculo máximo de la esfera correspondiente al nivel medio de los mares, por lo cual hay que considerar: primero la *correccion de*

temperaturas; segundo la reduccion al horizonte; tercero la reduccion de una línea quebrada á línea recta; y cuarto la reduccion al nivel del mar.

A continuacion de la medida de bases, hay que tratar de la *medida de ángulos*, distinguiendo dos cuestiones principales que son: la primera, descripción, uso y correcciones de los instrumentos más aceptados, para medir los ángulos de los triángulos geodésicos; y la segunda, las correcciones necesarias en estos mismos ángulos, prescindiendo del estudio de esta primera parte, porque hemos hablado de estos instrumentos ya en la Geomorfia celeste. Dividimos despues las causas de error que afectan la medida de los ángulos en causas dependientes y causas independientes del observador, estudiando la aproximacion de los resultados por el exámen de la repeticion y de la reiteracion. En la segunda parte tratamos de las correcciones, que sirven para fijar, de un modo terminante, la verdadera posición de los ángulos, y poderlos considerar como proyectados en el horizonte, para el caso de que no estén medidos por el teodolito.

Antes de pasar á las operaciones de latitud, longitud y azimut tratamos del cálculo de los triángulos geodésicos, ó sea de su resolucion á la cual procedemos, considerando los triángulos geodésicos como esféricos, despues, refiriendolos á la de triángulos rectilíneos, para lo cual consideramos los formados por los arcos rectificadas, ó por las cuerdas de estos arcos, es decir, por el método de Legendre ó por el de Delambre: hacemos luego el juicio crítico de estos métodos, para preferir el de Legendre, é indicamos la marcha de los cálculos, por operaciones en el terreno, conocidos los elementos de las fórmulas que hemos investigado.

Los métodos que la Geomorfia celeste nos suministra, para hallar la latitud, longitud y azimut, nos orientan la red geodésica, y juntamente con las consecuencias de la resolucion de triángulos, nos sirven para verificar las operaciones geodésicas, antes que de ellas nos valgamos para deducir la forma de la tierra. Estas verificaciones son deducidas del acorde de los resultados obtenidos en los lados de los triángulos finales, que toman el nombre de *bases secundurias*, ya medidas directamente ó dedu-

cidas por el cálculo, ya del acorde de los relativos á la latitud, longitud de un vértice y azimut de un lado deducidos directamente, ó por el cálculo, en virtud de latitudes, longitudes y azimutes anteriores.

La primera verificacion es muy importante, al par que la segunda no puede servir de un modo satisfactorio: primero, porque errores muy pequeños en la investigacion astronómica de latitud, etc., son muy grandes en el terreno; y segundo, porque es necesario conocer la forma de la tierra para el empleo de las fórmulas de latitud, longitud y azimut correspondientes á un vértice, deducidas del anterior, pudiendo por lo tanto acontecer que la discordancia de las observaciones y de los cálculos, dependa de errores del canevas, ó de la forma atribuida á la tierra.

En el primer medio de verificacion, consideramos cómo los errores de la base y de los ángulos influyen en la deformacion de los triángulos geodésicos, despues de lo que podemos tomar como ciertas las operaciones geodésicas, y valernos del segundo medio de verificacion como comprobacion de la forma de la tierra; por lo cual debe tratarse este problema de latitud, longitud y azimut, despues de determinar la forma de la tierra.

Considerada esta gran division, que denominamos *operaciones geodésicas*, pasamos á la segunda que tiene por objeto, como ya hemos dicho, la *aplicacion de estas operaciones*, al fin que la geodesia se propone.

Principiamos dando á conocer los hechos que por un primer estudio asignan á la tierra la forma esférica, y por un segundo hacen sospechar la esferóidica, perteneciendo á este segundo, las observaciones, que aproximadamente nos la hacen tambien conocer, y las que, por procedimientos análogos á los de Física matemática, nos suministran los resultados más exactos que poseemos en esta cuestion, como son las consideraciones geológicas y mecánicas convenientemente combinadas.

En primer lugar, las observaciones correspondientes al segundo estudio, y sobre todo las que acabamos de indicar, nos inducen á una forma teórica, y de aquí la investigacion de la que tomaria una masa fluida (como la Geología indica), cuando

sus moléculas estuvieran solicitadas por dos fuerzas ; una hácia su centro que denominamos en la tierra gravedad, y otra correspondiente al movimiento de rotacion ó sea la centrífuga.

Investigamos , despues de establecer la ecuacion de las superficies de nivel, que una seccion producida segun el eje de revolucion, es una elipse; de lo cual venimos en conocimiento, que la tierra es un elipsoide de revolucion y por lo tanto, deducimos las fórmulas que á él se refieren y que nos han de servir para comparar despues los resultados con los que directamente nos suministran las operaciones geodésicas, y principalmente la medida de un arco de meridiano ó de paralelo, para lo cual tenemos que estudiar los métodos seguidos, ya sea sumando las partes interceptadas en la red dirigida convenientemente en la direccion del paralelo ó del meridiano, ya finalmente por las proyecciones de los lados; para lo cual es necesario tratar antes, de los paralelos al ecuador y de las perpendiculares á la meridiana, pudiendo despues estudiar el problema de latitud, longitud y azimut, y tambien el de la distancia entre dos puntos cuyas latitudes y longitudes son conocidas.

De esta comparacion, que hemos establecido entre la figura teórica y la que hemos deducido de la práctica, se deduce que los resultados son más ó ménos conformes segun que se tomen en las séries de las fórmulas del elipsoide de revolucion, potencias de e mayores ó menores, y segun que los arcos de meridiano ó de paralelo, se miden en diversos puntos de la tierra; de donde puede concluirse que la hipótesis es buena; pero no es constante, es decir, que no se verifica igualmente en todos los puntos: de lo cual deducimos, que la tierra es un esferóide, un elipsóide deformado, y de aquí los estudios que se han hecho para armonizar los diferentes resultados obtenidos en su medicion y en distintos puntos de ella, viniendo de este modo en conocimiento de la forma media, ó sea de los elementos del elipsóide medio, deducidos por la teoría de los mínimos cuadrados, aplicando diez medidas principales ejecutadas en Europa, India, Perú y Cabo de Buena Esperanza, y estudiando por la relacion de los elipsóides locales, que deben calcularse para cada canevas geodésico, las irregularidades de la superficie terrestre.

Considerando la hipótesis *constante*, es decir, teniendo solamente en cuenta el elipsóide correspondiente á una triangulación, primeramente hallamos las áreas de las zonas del esferóide y del total de su superficie, consiguiendo tambien investigar la posición de los diversos puntos de la tierra, lo cual puede ser de vertices de triángulos de primero ó segundo orden, que ya sabemos cómo se verifica, ó bien de puntos que estén dentro de los triángulos de segundo orden, lo cual dá lugar á operaciones ménos delicadas objeto de la Topografía.

Resta tratar de una operacion, que fija la posición de los puntos en el espacio, y que nos dá una tercera coordenada denominada *altitud*, esta operacion se llama *nivelacion* y puede hacerse entre puntos distantes ó cercanos: de aquí la nivelacion geodésica y la topográfica: esta última la tratamos despues, limitándonos á considerar aquí además de la geodésica la que puede llevarse á efecto con el barómetro, por lo cual se denomina nivelacion barométrica.

Consideramos despues la Topografía, si bien ligeramente, por no ofrecer dificultad y únicamente ser objeto de nuestro estudio como complemento de la Geodesia.

En primer lugar, establecemos su objeto ó sea el levantamiento de planos.

En la Topografía principiamos dando una idea general de las operaciones topográficas, pasando despues á la medida de bases, estudiando los instrumentos empleados principalmente y modo de usarlos, verificando lo mismo en la medida de ángulos; despues de lo que pasamos á la resolucion de los triángulos que en este caso son rectilíneos, los cuales juntamente con la exposicion de los diferentes modos de levantar planos con cadena goniómetro, delineaciones transversales, é instrumentos de reflexion, se pueden resolver todos los problemas topográficos.

Como complemento daremos una idea de las operaciones de un levantamiento relativas á la planimetría, combinando los problemas indicados anteriormente, para lo cual, despues de un resumen de las operaciones que es necesario hacer y de la eleccion de los instrumentos, trataremos de los métodos de interseccion, etc.

La nivelacion topográfica nos determina una tercer coordenada, ó sea la altura sobre el nivel del mar. Describimos primero los niveles, su uso y correcciones, y á continuacion las dos clases de nivelacion: la simple y la compuesta.

Para representar despues estas operaciones de la Geomorfia terrestre de modo que puedan ser útiles á las aplicaciones que de la Geodesia dependen, nos ocupamos de la teoría de las proyecciones que estudiamos, ya sea para representar la tierra en su totalidad, ya en una gran porcion, ya finalmente en una más reducida, tratando en el primer caso de las dos clases de proyecciones ortograficas y estereográficas, del principio en que estas se fundan, de las proyecciones sobre los paralelos y los meridianos, de la proyeccion polar, la inglesa, y la de Lorgne: en el segundo, de las proyecciones cónicas, las cilíndricas, la de Flamsteed, de la misma modificada y de la francesa; dando tambien á conocer la de Mercator y su uso en la navegacion; y finalmente en el tercero, de los planos topográficos.

Como complemento de un curso de Geodesia, y en el caso que variando las circunstancias, estas lo permitieran, se podrian añadir á la Geomorfia celeste, algunos detalles en las correcciones de refraccion, paralage, etc., lo mismo que en el cálculo de las posiciones real y aparente de los astros, y tambien explicar algo mas los problemas de latitud, longitud y azimut; sin embargo, de que nosotros creemos estas cuestiones más propias del estudio de la Astronomía.

En la Geomorfia terrestre trataríamos de los medios de referir á una hipótesis de achatamiento, los resultados geodésicos obtenidos en otra, nos ocuparíamos de la investigacion del achatamiento del esferoide terrestre, para que las observaciones de latitud y de azimut hechas en dos puntos, concuerden con la latitud y azimut geodésica de uno de ellos, cuando estos puntos estén ligados por una red de triángulos, de la idea general de la aplicacion del cálculo de probabilidades en las operaciones geodésicas, dando los medios de valuar tan exactamente como fuera posible la longitud de una línea geodésica y la de sus diferentes partes, por medio de una red de triángulos apoyada sobre dos bases que presenten entre sí, una pequeña discordancia.

Tambien nos ocuparíamos de las cuestiones de alta Geodesia, como la resolucion de los triángulos esféricos, la de la forma de la tierra, deducida de la comparacion de las medidas geodésicas mediante el cálculo de probabilidades y del uso del péndulo. Estas cuestiones, aquí iniciadas, darian lugar á estudios de alguna consideracion, por lo cual no hacemos sino señalar algunas de las principales.

Lo que brevemente hemos expuesto y su orden nos ha parecido conveniente para formar un curso de Geodesia, conforme con las circunstancias en que se halla la Facultad de ciencias.

De lo dicho se infiere, que no se nos oculta que algunas cuestiones más pudieran estudiarse, ni tampoco que otras pudieran explanarse más detenidamente; pero comprendiendo que esto nos llevaria demasiado lejos y nos apartaria de nuestro propósito, nos limitamos á lo manifestado, cuyo orden puede estudiarse más fácilmente en el adjunto cuadro, con lo cual damos terminado este ligero trabajo, deseando cumpla el objeto que nos hemos propuesto.

LECCION PRIMERA.

Objeto general y particular de la Geodesia.

Operaciones geodésicas y canevas.

Idea general de las operaciones que se efectuan en el terreno. Enunciacion y division.

Reseña detallada de las operaciones geodésicas.

LECCION 2.^a

Operaciones preliminares.

Reconocimiento del terreno. Primer canevas. Instrumentos que se emplean.

Eleccion y fijacion de las estaciones y señales de los triángulos de primero, segundo y tercer orden. Diferentes clases de señales. Su construccion. Modo de colocarlas y problemas que hay que resolver.

LECCION 3.^a

Medida de bases.

Operaciones preliminares é indicacion del modo de proceder á su medida. Descripcion y uso de los aparatos de medir bases. Reglas de Borda. Aparatos de Mudg, Roy, Colby, Zach y Plana, Bessel y Porro. Clasificacion de todos los aparatos de medir bases.

LECCION 4.^a

Descripcion del aparato español de medir bases.

Ligera idea del aparato. Reglas de platino y laton. Divisiones de la primera regla. Id. de la segunda. Cojinetes y bancos de apoyo. Nivel de las reglas. Cojinete central, reflectores y asas para el manejo del banco. Soportes del mismo. Movimiento de las reglas. Círculos del aparato. Microscopios. Micrómetros. Colocacion de los microscopios sobre los círculos. Observaciones micrométricas. Anteojo de alineacion. Miras. Anteojo de referencias. Disco y trazadores para marcar los puntos de referencia.

Ligera idea del uso del aparato.

LECCION 5.^a

Correcciones relativas á la medida de bases.

Cuántas deben ser.

Correccion de temperatura. Casos generales; casos particulares.

Reduccion al horizonte.

Reduccion de una base quebrada á línea recta.

Reduccion al nivel del mar.

LECCION 6.^a

Medida de ángulos.

Breve resúmen de la descripcion, uso y correcciones de los instrumentos más aceptados para la medida de los ángulos y que ya han sido consideradas en la Geomorfia celeste.

Causas de error que afectan la medida de los ángulos. Dependientes del observador. Independientes. Mala division del limbo. Eje de rotacion diferente del centro del limbo. Error de puntería. Flexion de los anteojos. Error de lectura. Arrastre de una parte del instrumento. Estudio de estos errores.

Apreciacion de los resultados. Exámen de la repeticion y de la reiteracion.

LECCION 7.^a

Correcciones que hay que hacer en la medida de los ángulos.

Correccion de fase. Reduccion al centro de estacion. Diversos casos. Reduccion al horizonte.

Diferencia de los problemas de latitud, longitud y azimut, tratados en la Geomorfia terrestre con los tratados en la celeste. Su uso en ambos casos. Lugar que les corresponde cuando se estudian en la Geomorfia terrestre.

LECCION 8.^a

Cálculo de los triángulos geodésicos.

Cómo se los considera para su resolucion. A qué se reduce ésta cuando se los trata como rectilíneos. Teorema de Legendre. Su demostracion y uso para la resolucion de los triángulos geodésicos. Diferentes expresiones del esceso esférico. Reduccion de la fórmula $\Sigma = Kab \text{ sen. } C$ á tablas para su más fácil uso.

LECCION 9.^a

Procedimiento de Delambre ; continuacion.

Esceso esférico. Aplicacion del método.

Resolucion de los triángulos geodésicos considerándolos como esféricos.

Juicio crítico de estos métodos.

LECCION 10.

Verificaciones.

Medios principales de obtenerlas. Por bases secundarias. Por latitudes, longitudes y azimutes directamente investigados ó deducidos analíticamente, considerando los vértices anteriores. Causas por las que esta última verificacion no puede ser exacta.

Errores de los ángulos y de la base. Cómo influyen junto ó separadamente.

Compensacion de la red geodésica ; su aplicacion á la comprobacion de la base de Madridejos.

Cómo por las operaciones geodésicas se viene en conocimiento de la forma de la tierra.

LECCION 11.

Forma de la tierra.

Primer estudio. Pruebas que hacen sospechar que la tierra es un cuerpo aislado y esférico.

Segundo estudio. Consideraciones que nos hacen suponer que es esférico.

Método de investigacion. Idea general. Su analogía con los seguidos en las cuestiones de Física-matemática.

Forma teórica deducida principalmente por consideraciones geológicas y mecánicas. Seccion de la tierra segun el eje, considerándola como cuerpo de revolucion.

LECCION 12.

Elipsóide de revolucion.

Sus fórmulas. Valor de e^2 y de $\frac{1}{p}$. Sus relaciones. Coordenadas de un punto cualquiera. Valor del radio. Valor de la normal y de la distancia del centro al punto en que ésta corta al eje. Cálculo de i ó sea del ángulo que la vertical de un punto forma con el radio correspondiente. Valor de la latitud geocéntrica y del radio de curvatura. Fórmulas para convertir los arcos terrestres en segundos y recíprocamente.

LECCION 13.

Desarrollo de las fórmulas del elipsóide de revolución y concordancia de éstas con las medidas directas.

Desarrollo segun las potencias de e^2 del valor del radio. Exceso del radio ecuatorial sobre otro cualquiera. Desarrollo de la normal; del radio del paralelo; del radio de curvatura.

Longitud de un arco de meridiano terrestre. Análisis y uso de esta fórmula.

Ley de D. Jorge Juan relativa á los crecimientos de los arcos de meridiano y análogamente de R , N y ρ .

Determinacion de una de las constantes e^2 , medido ds y determinacion de A .

Concordancia de los elementos del esferóide terrestre con los valores numéricos de las medidas directas que comprueban nuestra hipótesis por las longitudes de los arcos de un grado, medidos en diferentes latitudes.

Conclusion. Diferentes valores de p . Valor más aceptable. Causas que influyen; consecuencias que se deducen.

LECCION 14.

Desarrollo de las fórmulas precedentes.

Determinacion de la fórmula que nos dá el arco de meridiano comprendido entre el ecuador y el paralelo de latitud l en función de A , e^2 y l .

Longitud de un arco S de meridiano terminado en las latitudes l y l' . Aplicacion de esta fórmula. Longitud del arco de un grado de meridiano terminando en la latitud l .

Determinacion de e^2 y por lo tanto de $\frac{1}{p}$ por medio de la comparacion de dos arcos S y S' .

Determinacion de un cuarto de meridiano elíptico y cálculo del radio ecuatorial A , conocido ya e^2 por la fórmula anterior.

Sistema métrico fundado en las operaciones geodésicas.

Método de Puissant para investigar el achatamiento terrestre.

LECCION 15.

Determinacion analítica de las latitudes , longitudes y azimutes.

Objeto de esta determinacion.

Fórmulas para el caso que se considere como elipsóide de revolucion.

LECCION 16.

Distancia entre dos puntos cuya longitud y latitud se conocen.

Consideracion general de este problema.

Trabajos á que ha dado lugar. Casos en que puede usarse este método. Fórmula de la distancia.

LECCION 17.

Medicion de arcos de meridiano y de paralelo.

Idea general de cómo se miden. Método de Legendre.

Perpendiculares á la meridiana. Por qué son diferentes de los paralelos al ecuador. Demostrar que son curvas de doble curvatura. Deducion de los valores x' , y' coordenadas de un punto. Caso en que la longitud P y el arco y , son muy pequeños, caso en que el azimut $\alpha=90^\circ$

Fórmula que dá la diferencia de longitudes de las extremidades de un arco perpendicular al meridiano; límite de λ ó sea la diferencia de longitudes para que la ecuacion sea exacta.

Medicion de arcos de meridiano por perpendiculares á la meridiana y por paralelos al ecuador. Idea general del método. Cálculo en ambos casos. Aplicacion de los métodos indicados para la medida de los arcos de paralelos. Tablas para la comodidad de los cálculos.

LECCION 18.

Concordancia de la forma teórica y de la forma deducida por las operaciones geodésicas.

Causa de la mayor ó menor conformidad de las operaciones geodésicas, con los resultados obtenidos por las fórmulas del elipsoide de revolucion. Consecuencia que se deduce. Consideracion del esferoide irregular local. Esferoide medio. Achatamiento que debe admitirse en cada caso.

Estudio de las irregularidades del terreno.

Areas y zonas de la tierra considerada como un elipsoide de revolucion.

LECCION 19.

Nivelacion.

Objeto de la nivelacion.

Deducion del valor de x ó sea de la diferencia de nivel de dos puntos. Caso en que el ángulo de los dos normales á los extremos es muy pequeño. Valor de r ó sea de la refraccion. Transformacion del valor de x para calcularle más convenientemente.

Método de las distancias zenitales recíprocas. Deducion por las fórmulas anteriores y directamente. Valor que es preciso sustituir por la cuerda, para aplicar las fórmulas halladas.

Modificacion del cálculo cuando se opera en un país montañoso. Casos en que no se pueden hacer las observaciones en los vértices de las señales. Distancia aproximada de dos puntos, cuya *altitud* es conocida.

Altitud determinada cuando se vé el mar desde uno de los puntos.

Idea general de la nivelacion barométrica. Fórmulas más usadas y análisis de los elementos que en ella entran.

LECCION 20.

Cuadros para la disposicion de las observaciones y del cálculo en la Geomorfia terrestre.

Cuadro para escribir los ángulos, las distancias zenitales y los elementos de reduccion al centro, al horizonte al vértice de las señales.

Cuadro para el cálculo de los triángulos provisionales.

Cuadro para la reduccion de los ángulos observados al horizonte, al centro, y las distancias zenitales al vértice de las señales.

Cuadro para el cálculo definitivo de los triángulos.

Cuadro para las diferencias de nivel entre los puntos de primero y segundo orden.

Cuadro para las diferencia de nivel entre los puntos de tercer orden.

Cuadro para las latitudes, longitudes y azimutes.

Cuadro para las coordenadas geográficas.

Topografía.

LECCION 21.

Operaciones topográficas.—Medida de bases.

Objeto y divisiones de la Topografía.

Idea general de las operaciones topográficas.

Levantamiento de planos.

Medida de bases. Jalones. Cadena, Cinta, estadia de hilos móviles y de hilos inmóviles. Uso de estos instrumentos.

LECCION 22.

Medida de ángulos.

Descripcion de los instrumentos usados principalmente. Alidadas ó pínulas. Nonius, tornillos de aproximacion. Soportes;

articulaciones. Cartabon ó escuadra de flexion. Pantómetra. Grafómetro. Brújula. Plancheta.

Uso de estos instrumentos.

LECCION 23.

Resolucion de los triángulos. Problemas topográficos.

Recuerdo de la trigonometría rectilínea.

Hallar la longitud de una rivera de un estanque y en general de la distancia á un punto inaccesible.

Hallar la distancia entre dos puntos cuando un obstáculo interpuesto impide ver el uno desde el otro.

Hallar la distancia entre dos puntos inaccesibles.

Dado un triángulo, colocar un punto conociendo los ángulos que en este punto forman las visuales dirigidas á los vértices del triángulo.

Hallar la longitud de uno de los segmentos de una recta, conocidos los otros dos y los ángulos bajo los cuales se ven desde un punto fuera de ellos.

Reducir un ángulo un punto ó una distancia al horizonte.

Modos diferentes de levantar planos.

LECCION 24.

Conjunto de operaciones de un levantamiento de un plano.

Resúmen de las operaciones que hay que hacer.

Eleccion de los instrumentos que se emplean.

Métodos diversos.

LECCION 25.

Nivelacion.

Objeto de la nivelacion.

Nivel de albañil, de aire, de agua.

Nivelacion compuesta. Nivelacion simple.

Relacion de la nivelacion topográfica con la geodésica.

Niveles. Su descripción. Diferentes clases. Correcciones y rectificaciones.

LECCION 26.

Agrimensura.

Evaluación de terrenos. Idea general. Teorema de Simpson. Áreas de las superficies planas.

División de terrenos. Marcha general. Dificultades que se presentan; cómo se resuelven.

Ejemplo; dividir un cuadrilátero en dos puntos iguales; división de una heredad en partes proporcionales á números dados.

Proyecciones.

LECCION 27.

Representación de un hemisferio.

Idea general é importancia de las proyecciones.

Representación de un hemisferio.

Proyecciones ortográficas, proyecciones estereográficas.

Teorema fundamental de las proyecciones estereográficas.

Relaciones analíticas de un círculo y de su perspectiva. Ecuaciones que encierran toda la teoría de las proyecciones estereográficas.

Proyección estereográfica sobre el horizonte de los paralelos y los meridianos.

Investigación de tres puntos de estas proyecciones, tanto para los relativos á los paralelos como á los meridianos.

Aplicación de esta teoría á la construcción de un mapa-mundi.

Proyección sobre un meridiano de los paralelos, de los meridianos.

Proyección polar.

Proyección inglesa. Proyección de Lorgna.

Proyección de Mercator. Su uso en la marina.

LECCION 28.

Representacion de una gran porcion de la superficie esférica.

Proyecciones cónicas. Diferentes clases.

Proyecciones de Flamsteed. Proyeccion francesa.

LECCION 29.

Representacion de una pequeña porcion de terreno.

Planos topográficos. Escalas. Signos convencionales. Orientacion.

FIN.

LIBRO 1

El presente libro es el primero de una serie de libros que se publican en esta colección.

El autor desea agradecer a los señores editores de esta casa editorial por haber aceptado publicar este libro.

Madrid, a los días 10 de Mayo de 1910.

El autor, D. Juan de Dios Ruiz de Alarcón y Arce.

LIBRO 2

El presente libro es el segundo de una serie de libros que se publican en esta colección.

El autor desea agradecer a los señores editores de esta casa editorial por haber aceptado publicar este libro.

Madrid, a los días 15 de Mayo de 1910.

El autor, D. Juan de Dios Ruiz de Alarcón y Arce.

LIBRO 3

El presente libro es el tercero de una serie de libros que se publican en esta colección.

El autor desea agradecer a los señores editores de esta casa editorial por haber aceptado publicar este libro.

Madrid, a los días 20 de Mayo de 1910.

El autor, D. Juan de Dios Ruiz de Alarcón y Arce.

El presente libro es el cuarto de una serie de libros que se publican en esta colección.

El autor desea agradecer a los señores editores de esta casa editorial por haber aceptado publicar este libro.

Madrid, a los días 25 de Mayo de 1910.

El autor, D. Juan de Dios Ruiz de Alarcón y Arce.

El presente libro es el quinto de una serie de libros que se publican en esta colección.

El autor desea agradecer a los señores editores de esta casa editorial por haber aceptado publicar este libro.

Madrid, a los días 30 de Mayo de 1910.

El autor, D. Juan de Dios Ruiz de Alarcón y Arce.

EXPOSICION SINOPTICA DE LA GEOMORFIA TERRESTRE.

Objeto de la Geodesia { en particular... Las operaciones geodésicas, ó sean las necesarias para la confeccion del *canevas geodésico*.—Conjunto de triángulos con que se ligan los puntos principales que se determinan en el terreno, y que despues realizan el objeto principal de la Geodesia —Las operaciones geodésicas se reducen }
 { en general..... Investigar la forma de la Tierra y su medicion. }
 { ó á la determinacion de puntos principales (estaciones) por sus tres coordenadas: }
 { dos en la esfera... } longitud. } y la tercera por su altura sobre ella, }
 { ó al cálculo de los arcos que los unen (triángulos geodésicos). } latitud. }

1.° Operaciones geodésicas.

Operaciones en el terreno.

- 1.° Medir el lado de un triángulo que toma el nombre de base.
- 2.° Medir los ángulos.
- 3.° Observar astronómicamente la latitud y la longitud de un punto por lo ménos.
- 4.° Observar el azimut de un lado; es decir, el ángulo de este lado con el meridiano de una de sus extremidades.
- 5.° Hacer la nivelacion para obtener la altura de los vértices de los triángulos sobre el nivel medio del mar.

Division ó clasificación.

- 1.° orden. { Las de primer orden se ocupan en cubrir la superficie de triángulos tan grandes como lo permitan } la fuerza y precision de los instrumentos.
- 2.° orden. { Si las extremidades están muy separadas } Las de segundo forman triángulos más pequeños tomando como bases los lados de los de primer orden. } la naturaleza del país.
- 3.° orden. { Si los objetos están cercanos. } Las de tercero forman triángulos aun más pequeños tomando como bases los lados de los de segundo orden.—Se calculan con ménos precision sobre dos bases.—Estas operaciones constituyen el objeto de la **Topografía**.

Operaciones preliminares.

- Reconocimiento del terreno... { Primer canevas. } { Instrumentos necesarios. }
- Eleccion y establecimiento de las estaciones y señales en los triángulos de... { Detalles de construccion. } { 1.° Conocida la altura, y dónde se han de colocar en el terreno, averiguar si se proyecta en el terreno ó en el cielo, para pintarlas convenientemente... } { Dan por resultado averiguar los casos en que hay que prescindir de la conveniencia de que se proyecte en el cielo, por tener que dar una altura á la señal, inadmisibile por razon del gasto de construccion. }
- 1.° orden. { Diferentes clases. } { Modo de colocarlas y alturas convenientes... }
- 2.° orden. { 1.° Conocer la altura que es preciso dar á una señal colocada en un punto para que sea visible de otro por encima de un obstáculo. }
- 3.° orden. { 2.° Calcular la altura que es preciso dar á una señal colocada en un punto para que sea visible de otro por encima de un obstáculo. }

Medida de bases.

- Operaciones preliminares.—Descripcion y uso de los aparatos de medir bases, más conocidos y aceptados.
- Correcciones que hay que hacer en la medicion de bases... { Correccion por temperatura. } { Reduccion al horizonte. } { Id. de una línea quebrada á línea recta. } { Id. al nivel del mar. }

Medida de ángulos.

- Descripcion, correcciones y uso de los instrumentos más aceptados para medir ángulos... { Circulo repetidor. } { Teodolito. } { Sextante. } { Circulo de reflexion. }
- Correcciones que hay que hacer en la medida de los ángulos... { Dependientes del observador.—Mal uso. } { Independientes del observador. } { Aproximacion de los resultados. } { Resolución de los triángulos geodésicos. } { Examen de la } { repeticion. } { reiteracion. }
- 1.° Mala direccion del limbo. } { Eje de rotacion diferente del limbo. } { Error de punteria. } { Error de lectura. } { Arrastre del instrumento. }
- 2.° Dependientes del observador.—Mal uso. } { Independientes del observador. } { Aproximacion de los resultados. } { Resolución de los triángulos geodésicos. } { Examen de la } { repeticion. } { reiteracion. }
- 3.° Dependientes del observador.—Mal uso. } { Independientes del observador. } { Aproximacion de los resultados. } { Resolución de los triángulos geodésicos. } { Examen de la } { repeticion. } { reiteracion. }

Latitud y longitud de un punto.

- Conocida por la Geomorfia Celeste la latitud y longitud de un punto y el azimut de un primer lado, queda orientado el canevas geodésico.
- De estos resultados pueden deducirse las fórmulas de latitud, longitud y azimut para un vértice siguiente.
- Estas fórmulas se investigan como si la Tierra fuese esférica, para despues hallar la fórmula modificando las anteriores en el caso de que no lo sea.
- Lo cual dará un medio de verificación, como indicaremos.
- Esta cuestion no puede resolverse hasta despues de conocida la forma de la Tierra.

Reseña detallada de estas operaciones.

- Exposicion y juicio crítico de estos métodos.
- Considerándolos como esféricos.
- Marcha de los cálculos, conocidos los elementos de las fórmulas por operaciones en el terreno.
- Verificacion para la evidencia de las operaciones geodésicas que puede ser por... { Bases secundarias, lados de triángulos... } { Idénticos resultados, medidos ó calculados. } { Identicos deducidos directamente, ó por las fórmulas. } { Esta verificacion no puede dar resultados satisfactorios... }
- Las discordancias que se obtengan provienen de los errores de los triángulos que á su vez dependen de... { errores en los ángulos } { Fórmula de am- } { Consecuencia para la forma de los triángulos. } { preferible de los triángulos. }
- Verificados por medio de las bases secundarias los triángulos geodésicos, el problema de longitud, latitud y azimut puede servir para comprobar la forma de la Tierra, deducida por medio de los triángulos geodésicos... { Por esta razon despues de la forma de la Tierra es donde deben investigarse las fórmulas anteriores. }

2.° Cómo se deduce, por las operaciones indicadas, la forma de la Tierra.

Forma de la Tierra..

- 1.° Estudio. { De la observacion se deduce que es un globo aislado y casi esférico. } { Las observaciones de un buque en alta mar. } { Los viajes alrededor de la Tierra. } { Cambio del aspecto del cielo á manera que se separa el observador de un polo. }
- 2.° Estudio. { Pruebas que hacen sospechar que no lo es... } { Disminucion de la gravedad en el ecuador.—Observacion del péndulo. } { Perturbaciones lunares. } { Consideraciones mecánicas.—Consideraciones geológicas. }

Método de investigacion análogo á los que se siguen en la Física matemática.

- Forma teórica { Por las perturbaciones lunares. } { El Péndulo. } { Consideraciones mecánicas... }
- Forma práctica, deducida de las operaciones geodésicas, para obtener por medio de la triangulacion directamente ó por las perpendiculares á la meridiana la medida de un arco de... { La interseccion producida en la superficie de nivel por un plano que pase por el eje de revolucion es una elipse; luego deducimos que la Tierra es un elipsoide de revolucion... } { Excentricidad. Coordenadas de un punto cualquiera. Radio: normal, subnormal. Cálculo de la latitud geocéntrica. Radio de curvatura. Series para expresar arcos terrestres en segundos de grado. } { Desarrollo segun potencia de e^2 en las expresiones halladas. } { Distancia entre dos puntos próximos de un meridiano. } { radio ecuatorial A } { Desarrollo hasta las potencias de e^4 de las últimas expresiones, y uso de arcos de paralelo } { Los resultados de la forma práctica más ó ménos conformes con la teórica y alguna vez casi acordes, segun... } { Se tomen en las fórmulas potencias de e^2 mayores ó menores... } { Considerando general la forma de la Tierra, correspondiente á una triangulacion, es decir, como constante... }

Levantamiento de un plano.

- Operaciones preliminares. { Instrumentos usados principalmente... } { Cadena... } { Cinta. } { Estadia } { hilos móviles. } { hilos inmóviles. }
- Medida de bases... { Resolución de los triángulos... }
- Medida de ángulos... { Instrumentos usados principalmente... } { Alidada pinulas. } { Nonius. } { Cartabon, escuadra de reflexion. } { Pantómetro. } { Grafómetro. } { Brújula. } { Plancheta. }
- Conjunto de operaciones del levantamiento de un plano relativos á la planimetría, combinando todos los problemas indicados anteriormente... { Levantamiento con goniómetro y cadena. } { Modos diferentes de levantar planos... } { Problemas topográficos. }

Nivelacion.

- Determinacion de la altitud para fijar la posicion de los diversos puntos en el espacio por medio de la... { geodésica. } { topográfica. } { barométrica. }
- Nivelacion... { Niveles... } { de albañil. } { de agua. } { de aire. } { Nivel de anteojo, su descripcion, uso y correcciones. } { Nivelacion... } { compuesta. } { simple. }

Agrimensura.

- Evaluacion de terrenos. { Division de terrenos. }

Proyecciones para representar.

- La Tierra en su totalidad. { Ortográfica... } { Métodos de Geometria descriptiva. } { Principios en que se funda.—Ecuaciones fundamentales. } { Proyecciones sobre el meridiano y sobre el horizonte. } { Id. inglesa de Arrowsmith. } { Id. polar de Lorgna. }
- Una gran porcion.—Partes del mundo... { Proyeccion de Mercator. } { Proyecciones cónicas. } { Id. cilíndricas. } { Flamsted. } { Id. modificada. } { Francesa. }
- Una porcion más pequeña. { Escalas. } { Signos convencionales. } { Orientacion. }

Conocida la forma de la Tierra, se debe tratar el problema de latitud y longitud de un vértice y azimut de un lado del vértice anterior y también la distancia entre dos puntos cuyas coordenadas geográficas son conocidas.

Objeto de la Geodesia

en particular... Las operaciones geodésicas, ó sean
en general... Investigar la forma de la Tierra y su

1. Operaciones geodésicas.

- 1. Medir el ángulo de un triángulo
 - 2. Mediciones angulares
 - 3. Observar astronómicamente
 - 4. Observar el zenit de un objeto
 - 5. Hacer la nivelación para obtener
- Divisiones ó especies
- 1.ª orden: Si las operaciones
 - 2.ª orden: Si las operaciones están
 - 3.ª orden: Si las operaciones están

Operaciones en el terreno

Reconocimiento del terreno

Operaciones preliminares

Medida de bases

Operaciones de las bases

Descripción, cortejo, levanta de terreno y uso de los instrumentos

Medida de ángulos

Operaciones de las bases

Resena detallada de estas operaciones

Forma de la Tierra

Forma de la Tierra

Forma de la Tierra

Forma de la Tierra

Forma de la Tierra