

PROGRAMA

DE LA CLASE DE MECANICA APLICADA
en la escuela especial de ingenieros de caminos,
canales y puertos.

PRIMERA PARTE.

APLICACION DE LA MECANICA A LAS
CONSTRUCCIONES.

INTRODUCCION.

LECCION 1.ª Objeto de la mecánica aplicada á las construcciones. Naturaleza de los problemas que se resuelven y métodos que se siguen. Definición de equilibrio, estabilidad y resistencia.

PRIMERA SECCION.

RESISTENCIA DE LOS MATERIALES.

2.ª *De las fuerzas elásticas.* Relaciones entre los cambios de magnitud de los sólidos y las fuerzas que los producen. Coeficiente de elasticidad. Límites de la elasticidad y de las cargas permanentes.

3.ª *Resistencia de los sólidos á las variaciones de longitud.* Modo de determinar el coeficiente de elasticidad y el de resistencia. Datos experimentales sobre la resistencia de los materiales á la estension y á la compresion.

4.ª *Resistencia de los sólidos á la variacion de figura.* Equilibrio de una seccion trasversal sometida á fuerzas cualesquiera. Expresion general del límite de los esfuerzos permanentes. Momentos de inercia de las figuras planas mas usuales.

5.ª *Resistencia á la flexion.* Reduccion de las ecuaciones generales de equilibrio y resistencia. Momentos de rotura de las figuras planas mas usuales.

6.ª *Flexion de piezas rectas horizontales.* Cálculo de la flexion y resistencia permanente de estas piezas en general.

7.ª y 8.ª *Flexion de piezas rectas horizontales.* Ejemplos de flexion de piezas rectas horizontales.

Tomo V.

9.ª *Flexion de piezas rectas verticales.* Fórmulas para determinar la flexion y resistencia de estas piezas. Aplicaciones. Reglas prácticas de Rondelet y Hodgkinson.

10. *Flexion de piezas rectas inclinadas.* Fórmulas y aplicaciones. Flexion de una pieza recta doblada entre dos apoyos fijos.

11. *Flexion de piezas curvas.* Transformacion de la fórmula general. Aplicaciones. Determinacion del empuje horizontal y de la resistencia permanente. Alteracion de la longitud del sólido.

12. *Curvas de equilibrio.* Problemas que pueden proponerse entre las fuerzas, la curva primitiva y la elástica. Determinacion de las formas de equilibrio y comparacion con las funiculares. Ejemplos.

13 *Sólidos de igual resistencia.* Determinacion de la figura de igual resistencia. Aplicacion á las piezas horizontales. Forma de minimo volumen. Aplicacion á las piezas verticales. Flexion de los sólidos de igual resistencia.

14. *Resistencia á la torsion.* Reduccion de las ecuaciones generales de equilibrio y resistencia. Momentos polares de rotura. Datos experimentales sobre la elasticidad y resistencia laterales de los sólidos.

15. *Modo de experimentar la resistencia de los materiales.* Descripcion de los aparatos mas notables empleados en estos ensayos, y partes de que deben constar en general. Precauciones útiles en los experimentos.

SEGUNDA SECCION.

ESTABILIDAD DE LOS MACIZOS Y MUROS.

16. *Equilibrio de un macizo sujeto á fuerzas verticales.* Modo de estudiar la estabilidad ó el equilibrio de un conjunto de materiales. Estabilidad de un macizo terminado lateralmente en un solo sentido. Macizos sobrecargados uniformemente. Estabilidad de los macizos terminados por dos paramentos verticales. Muros de silleria Fórmulas prácticas de Rondelet.

17. *Macizos sujetos á esfuerzos laterales.* Equilibrio de traslacion, y discusion segun la Madrid 1.º de marzo de 1857.

altura de la seccion peligrosa, ó de rotura. Equilibrio de rotacion. Modo de determinar las dimensiones del macizo por el cálculo.

18. *Macizos sujetos á esfuerzos laterales.* Determinacion del espesor del macizo por un método gráfico. Mayor esfuerzo que habrán de sufrir los materiales que componen el macizo. Coeficiente de estabilidad: su determinacion y valores ordinarios. Muros de igual resistencia.

19. *Empuje de los macizos de tierra.* Determinacion del prisma de máximo empuje y de la resultante de las presiones, en el caso en que el macizo esté limitado por un plano, tanto lateral como superiormente, sin sobrecarga ó con ella. Prisma de mínima resistencia.

20. *Muros de sostenimiento.* Cálculo de las dimensiones del muro en el caso mas general. Fórmulas aproximadas. Uso de las tablas de Poncelet.

21. *Propiedades físicas de las tierras.* Valores de las constantes que entran en las ecuaciones del establecimiento de los macizos. Descripcion de los aparatos que han servido para hacer los esperimentos mas notables con este objeto.

22. *Métodos gráficos para el establecimiento de los muros de sostenimiento.* Determinacion del empuje y de la resistencia de un macizo cualquiera por el método de Poncelet, asi como de sus momentos. Construcccion del espesor del muro.

23. *Métodos gráficos para el establecimiento de los muros de sostenimiento.* Simplificacion de las construcciones anteriores en los casos ordinarios mas sencillos. Caso en que los macizos tienen una sobrecarga.

24. *Métodos gráficos para el establecimiento de los muros de sostenimiento.* Método de la transformacion de perfiles de Cousinery. Discusion del perfil de revestimiento mas económico.

25. *Cimientos.* Equilibrio de rotacion y de traslacion de un macizo de cimiento. Determinacion de su profundidad y anchura segun la naturaleza del terreno.

TERCERA SECCION.

ESTABILIDAD DE LAS BÓVEDAS.

26. *Condiciones generales del equilibrio de las bóvedas.* Condiciones á que ha de satisfacer la presion en cada plano de junta. Propiedades de la curva envolvente de las presiones y lugar de los puntos de aplicacion de estas. Condiciones generales de estabilidad. Aplicacion á una bóveda plana.

27. *Bóvedas cuyas juntas son normales al intrados.* Comparacion de las curvas de presiones con las funiculares. Caso en que las fuerzas son normales á la curva de intrados; ó en que son paralelas entre si; ó en que se reducen al peso de las dovelas. Ecuacion de la curva de trasdos.

28. *Esperiencias relativas á la estabilidad de las bóvedas.* Reseña histórica y exámen de las teorías propuestas para la solucion del problema de las bóvedas. Comparacion de sus resultados con los esperimentos y las observaciones en grande escala.

29. *Establecimiento de las bóvedas cilíndricas.* Dificultad de las soluciones directas de este problema. Modo de comprobar por el cálculo la estabilidad de una bóveda en cañon. Dimensiones de las pilas y estribos, y de los tirantes de hierro.

30. *Resistencia de los materiales que componen la bóveda.* Reparticion de las presiones en cada junta. Longitud de las dovelas, ó sea espesor de la clave y los riñones. Límites de la posicion de las curvas de presiones en el espesor del arco.

31. *Modo de efectuar los cálculos del establecimiento de las bóvedas.* Método analítico de Coulomb. Idea del método gráfico. Fórmulas y reglas prácticas. Uso de las tablas de Petit, Michon y Carvalho.

32. *Métodos gráficos para el establecimiento de las bóvedas.* Construcccion del empuje y de la resistencia por rotacion y por resbalamiento. Reduccion de las sobrecargas.

33. *Bóvedas esféricas y compuestas.* Ecuaciones de equilibrio de un trozo finito de esta clase de bóvedas. Soluciones aproximadas.

Dimensiones de los apoyos y de los cinchos de hierro. Aplicacion de los métodos gráficos al establecimiento de estas bóvedas y de sus apoyos.

34. *Contrafuertes de los muros de sostenimiento.* Comparacion de los muros con contrafuertes y las bóvedas planas. Dimensiones del claro y del contrafuerte, sea este exterior ó interior. Reglas prácticas. Comparacion de los muros sin contrafuertes y con ellos, y de estos entre si.

CUARTA SECCION.

ESTABILIDAD DE LAS OBRAS COMPUESTAS DE PIEZAS ELASTICAS.

35. *Piezas compuestas.* Vigas compuestas de piezas superpuestas. Vigas compuestas de piezas empalmadas. Vigas prolongadas por medio de armaduras.

36. *Vigas armadas.* Vigas acopladas con dientes. Vigas compuestas de los sistemas de Town, Howe, etc. Vigas tubulares de palastro. Fórmulas aproximadas. Resistencia de los sistemas de union. Mayor longitud que pueden alcanzar estas vigas.

37. *Entramados de piezas rectas.* Combinaciones de piezas verticales y horizontales. Combinaciones de piezas inclinadas; cábricas. Combinacion de piezas horizontales con las inclinadas; tirantes y puentes.

38. *Entramados de piezas rectas.* Combinacion de las piezas inclinadas con las verticales y horizontales; jabalcones y tornapuntas.

39. *Gruas.* Estabilidad y resistencia de cada una de las piezas que componen una grua fija ó movable. Reaccion contra los puntos fijos. Estabilidad del conjunto sobre el suelo.

40. *Puertas de esclusa.* Estabilidad de la puerta respecto del quicio. Accion del peso de la puerta sobre las traviesas.

41. *Puertas de esclusa.* Accion del agua sobre las traviesas. Resultante de las acciones del agua y del peso de la puerta. Puertas curvas.

42. *Puentes de piezas rectas.* Puentes de largueros. De largueros y jabalcones, con sopandas ó zapatas. Jabalcones dobles y manguetas. Esfuerzo que ejercen estos puentes contra los estribos. Establecimiento de las palizadas. Union y arriostrado de los cuchillos.

43. *Puentes de piezas curvas.* Resistencia de un arco elástico de pequeña curvatura en las circunstancias de los puentes. Resistencia de las manguetas y anillos. Uso de las tablas de Bresse.

44. *Armaduras.* Armaduras de par y pica-dero. Efecto de los puentes y tornapuntas. Cálculo de las dimensiones de estos, y las sopandas y manguetas. Modo de tener en cuenta la deformacion de las piezas. Combinacion de una pieza recta con una tornapunta central y dos tirantes. Aplicacion á las armaduras de hierro. Uso de las tablas de Morin.

45. *Armaduras curvas.* Cuchillos formados de piezas curvas, y de piezas curvas y rectas. Tablas de Ardant. Esperimentos hechos para comprobar el empuje y la tension de cada una de las piezas en las armaduras curvas ó rectas. Comparacion de los diferentes sistemas de armaduras.

46. *Cimbras.* Esfuerzo que sufren las cimbras por la colocacion sucesiva de las dovelas. Establecimiento de las cimbras rígidas y flexibles.

47. *Suelos.* Suelos ordinarios. Suelos á la Serlio. Suelos elásticos. Fórmulas prácticas de Rondelet.

48. *Resistencia de los vasos.* Equilibrio de una línea y de una superficie elásticas solicitadas por fuerzas normales. Caso de la igualdad de tensiones.

49. *Resistencia de los vasos.* Tubos indefinidos ó limitados, en uno ó en dos sentidos. Aplicacion á las cañerías, á los depósitos y á las calderas. Esperimentos relativos á este objeto.

QUINTA SECCION.

ESTABILIDAD DE LOS PUENTES COLGADOS.

50. *Introduccion.* Descripcion de las partes de que se compone un puente colgado.

Propiedades mecánicas principales de los polígonos funiculares.

51. *Forma de los cables.* Fórmulas para el cálculo de los elementos de la cadeneria. Fórmulas y construcciones gráficas para determinar los elementos de la parábola.

52. *Forma de las cables.* Curva de equilibrio de las cadenas de un puente colgado. Fórmulas y trazados gráficos relativos á sus elementos.

53. *Apoyos.* Dimensiones de los apoyos y fiadores, unidos ó separados, y efectos del rozamiento en este último caso. Amarrado de los fiadores.

54. *Flecha provisional del cable.* Variacion de la flecha de instalacion debida al cambio de figura y á la dilatacion elástica producidos por la carga permanente. Variacion debida á la dilatacion y al pandeo del fiador. Variacion debida á la movilidad del apoyo.

55. *Variaciones accidentales de la flecha.* Variacion producida por las de temperatura. Compensacion que produce el rozamiento del fiador con el apoyo. Variaciones producidas por una carga accidental. Influencia de la carga en los arcos inmediatos. Bombeo del tablero.

56. *Movimientos de oscilacion.* Oscilaciones debidas á la elasticidad de las péndolas y el cable. Influencia de los choques repetidos. Oscilaciones debidas á la flexibilidad de la construccion. Oscilaciones producidas por el viento.

57. *Proporciones de los puentes colgados.* Volúmen de las péndolas y el cable. Relacion mas conveniente de la luz y la flecha. Número de tramos en que conviene dividir el puente. Limites de la luz. Tension de prueba. Orden de la redaccion de un proyecto.

58. *Principales sistemas de puentes colgados.* Puentes colgados por tirantes convergentes ó paralelos. Puentes de Dredge. Gasto producido por un puente de un sistema cualquiera. Puentes de cadenas inferiores. Puentes de Vergniais.

SEGUNDA PARTE.

HIDRAULICA.

INTRODUCCION.

LECCION 1.^a Objeto de esta ciencia y su estado actual. Principios generales.

PRIMERA SECCION.

SALIDA DEL AGUA DE LOS VASOS.

2.^a *Salida del agua por orificios.* Velocidad de cada filete y velocidad media del chorro. Gasto teórico, cualquiera que sea la carga respecto de las dimensiones del orificio. Forma y dimensiones de la vena. Limites teóricos de la contraccion. Aplicacion práctica de estos principios.

3.^a *Orificios en pared delgada.* Coeficiente del gasto para diferentes cargas y orificios. Orificios inmediatos. Supresion parcial ó total de la contraccion. Canales adicionales.

4.^a *Tubos adicionales.* Teoria de los tubos adicionales. Coeficientes del gasto en los tubos cilindricos, cónicos convergentes ó cónicos divergentes. Dimensiones que producen un gasto máximo en cada uno de ellos.

5.^a *Vertederos.* Aplicacion de la fórmula general. Coeficientes del gasto. Esperimentos de Castel y de Boileau. Uso que puede hacerse de las fórmulas.

6.^a *Salida del agua con una presion variable.* Gasto de un vaso que se vacia. Gasto por un orificio sumergido en otro vaso.

SEGUNDA SECCION.

MÓVIMIENTO DEL AGUA CORRIENTE.

7.^a *Movimiento uniforme.* Fuerza aceleratriz y resistencias que la destruyen. Expresion de la resistencia del lecho y de la cohesion del fluido. Fórmulas generales del movimiento en

un canal indefinido, rectangular ó circular. Velocidades máxima, media y mínima en cada seccion. Gasto del canal.

8.^a *Movimiento variado en un canal regular.* Ecuacion de las fuerzas vivas en la hipótesis del paralelismo de las capas. Coeficientes de correccion. Aplicacion de estas fórmulas al aforo del canal y al cálculo de la ecuacion de la superficie.

9.^a *Remansos.* Discusion de la ecuacion diferencial de la superficie fluida y de su integral general. Remansos de depresion, de elevacion y de resalto. Uso de las tablas de Dupuit.

10. *Movimiento del agua en los canales irregulares y en los rios.* Forma de la superficie fluida en un canal ensanchado ó estrechado indefinidamente. Estrechamiento ó ensanche gradual del fondo ó de las orillas. Id. id. brusco. Cambio parcial y uniforme de anchura. Aplicacion á las obras del lecho de los rios.

11. *Aforo de las aguas corrientes.* Aforo por las fórmulas del movimiento. Aforo por los vertederos, diques y orificios. Aforo por los hidrómetros: descripcion y uso de los mas notables y útiles.

12. *Variaciones del régimen de las corrientes.* Efectos de las crecidas en las obras de mejora de los rios. Alteracion de la ley de velocidades. Seccion de desagüe de los puentes. Arrastre y suspension de las materias pesadas por el agua.

13. *Movimiento del agua en los tubos.* Ecuaciones generales del movimiento. Velocidad media. Relaciones entre el gasto, el diámetro y el coste de una cañería. Uso de las tablas de Prony.

14. *Cañerías simples.* Resistencias de los codos y estrechamientos. Resistencias accidentales. Presiones sobre las paredes.

15. *Sistemas de cañerías.* Resistencias propias de los tubos de derivacion. Ecuacion del movimiento en un ramal. Modo de proceder al cálculo de un proyecto de distribucion.

16. *Surtidores.* Altura del chorro y sus dimensiones. Problemas relativos al establecimiento de las fuentes.

TERCERA SECCION.

CHOQUE DEL AGUA.

17. *Choque del agua contra un cuerpo en reposo.* Choque de una vena aislada. Choque oblicuo. Choque contra un cuerpo sumergido. Trayectorias de los filetes. Presiones opuestas. Choque contra cuerpos flotantes, ó sumergidos en canales estrechos.

18. *Resistencia del agua al movimiento de un sólido.* Comparacion de la resistencia con el choque. Resistencia de los cuerpos flotantes. Movimiento de los barcos en los canales estrechos.

CUARTA SECCION.

PNEUMATICA.

19. *Salida de los gases de los vasos.* Propiedades físicas del aire y de los gases. Presion y velocidad del aire en el orificio. Gasto en un orificio en pared delgada ó con tubos adicionales.

20. *Movimiento del aire.* Ecuacion del movimiento del aire en un tubo. Presion contra las paredes. Intensidad del choque de una masa de aire en movimiento. Resistencia que opone á los sólidos animados de gran velocidad.

OBRAS DE TEXTO.

PRIMERA PARTE.

Résumé des leçons données à l'école des ponts et chaussées, sur l'application de la mécanique à l'établissement des constructions, par Mr NAVIER.

Instruction sur la stabilité des constructions, par Mr. MICHON.

Lecciones sobre la resistencia de los materiales, por el profesor.

Teoría de los puentes colgados, por el profesor.

SEGUNDA PARTE.

Traité d'hydraulique à l'usage des ingénieurs, por J. F. D. AUBUISSON DE VOISINS.

Notas litografiadas de algunas lecciones.

EDUARDO SAAVEDRA.

FERRO-CARRIL

DE PALENCIA A ALAR DEL REY.

Entre todos los ferro-carriles que se construyen y hay pensamiento de ejecutar en España, pocos ofrecerán un porvenir tan seguro como el que une el mas rico de nuestros puertos comerciales del Océano, con la capital de la Monarquía.

En curso de ejecucion son grandes partes de esta línea, de Madrid á Palencia, y de Alar del Rey á Santander, nada mas urgente que la pronta inauguracion de las obras del trozo comprendido entre ambas, tanto mas cuanto que el terreno en esta parte no ofrece dificultades de ningun género y que hecha ya definitivamente la concesion á la sociedad del Crédito moviliario, sin subvencion alguna, solo se espera para ello la decision gubernativa sobre la eleccion del trazado entre dos líneas rivales.

La importancia de la cuestion y la de los grandes intereses que penden de la acertada resolucion de este asunto, nos obligan á dedicarle algunas líneas, que conceptuamos serán leídas con gusto por nuestros suscritores.

Concedido provisionalmente el ferro-carril de Palencia á Alar del Rey, fijando administrativamente á Carrion de los Condes como punto obligado de paso, se encomendó por el concesionario el proyecto de esta línea á dos de nuestros mas ilustrados ingenieros, los cuales presentaron su trabajo, estudiado con escrupulosidad suma, en 20 de agosto de 1854.

Detenido como otros muchos este asunto á consecuencia de los trastornos políticos, permaneció olvidado, hasta que al discutir en 1856 la ley de su concesion definitiva se creyó oportuno estudiar nuevamente esta línea, prescindiendo del punto de sujecion fijado anteriormente, para que el Gobierno, en vista de las ventajas respectivas de ambos, pudiera hacer una razonada eleccion.

El estudio del nuevo proyecto fué encargado al Ingeniero D. Eduardo Gutierrez Calleja, por Real orden de 1.º de julio de 1856. Concluido ya completamente, haremos de él una ligera descripcion.

La línea adoptada por este Ingeniero sale de Palencia por el valle del rio Carrion, continuando

constantemente por la margen izquierda, hasta poco despues de pasado el pueblo de Monzon; en este punto abandona el valle del dicho rio para seguir por el del Ucieza, uno de sus principales afluentes, hasta el pueblo de Piña desde el cual sube por Fromista á pasar en Marcilla la divisoria entre los rios Carrion y Pisuerga. Una vez en la region hidrográfica del Pisuerga, se dirige la línea por las Cabañas al pueblo de Osorno, toma el valle del Boedo y le sigue hasta S. Cristobal, cruza cerca de este pueblo la divisoria Boedo-Pisuerga y entrando en el valle de este último, continúa por él hasta unirse con el antiguo trazado de Carrion, frente á Herrera, en el kilómetro 80.

La longitud del nuevo trazado es 75 780^m.66 repartida en 66 alineaciones, de las cuales, 53 son rectas y componen un total de 54 217^m.49. Las curvas de radio mínimo son dos de 550^m. y 964.68 de longitud.

La pendiente máxima adoptada es de 0.006 con la cual hay cuatro rasantes subiendo de 11 225^m.93 de longitud total. El número de las horizontales es 17, que forman 25 425^m.13, existiendo además 4 rasantes en contra-pendiente, una al 0.002, otra al 0.0045 y otra al 0.006.

El movimiento de tierras asciende á 940 248 metros cúbicos de desmonte y 851 017 de terraplen.

Hay también un pequeño túnel de 95^m de longitud.

Las obras de fábrica son: un puente de hierro con un tramo de 40^m de luz y seis de 10 sobre el rio Pisuerga; otro con uno de 40 y dos de 15 en el Abanades; otro de tres tramos de 8^m sobre el Boedo; dos puentes, uno de 15^m y otro de 10 para el Ucieza; y por último, uno oblicuo de 11^m de luz sobre el canal de Castilla en las inmediaciones de Fromista; hay además 6 pontones, 15 alcantarillas y 112 tajeas.

Las estaciones que se proponen son, una de segundo orden para Palencia, otra de tercero con pequeños talleres de reparaciones y cocheras en Osorno y 9 sencillas de tercer orden.

El presupuesto de todas las obras, hecho con los mismos precios elementales que sirvieron para calcular el del trazado por Carrion, asciende á 56 025 626 rs. vn., lo que da para coste medio del kilómetro 475 595 rs.

Si se agrega á la cantidad indicada los gastos de direccion y judiciales, y los 4700 000 rs. en que están valuados los 14 kilómetros que hay desde el punto de empalme con la línea del Norte hasta Palencia y los 4424^m que median entre el final del trazado directo y Alar del Rey, resultará que se puede calcular en 45 000 000 de rs. vn. el coste total de la línea de S. Isidro de Dueñas á Alar del Rey, adoptando dicho trazado.

Las principales diferencias que existen entre el proyecto directo y la parte correspondiente del antiguo por Carrion de los Condes, puede resumirse en el siguiente estado.