

DE ENSEÑANZA ⁽¹⁾

La Escuela de Caminos

IV

Métodos de enseñanza

Hasta que la Escuela de Caminos dispuso del importante material de enseñanza de que se dió una idea general en el artículo anterior, no era posible que los estudios se orientasen con el carácter práctico que caracteriza los procedimientos modernos de enseñar nuestra profesión.

Las lecciones contenidas en los libros de texto, exigidas por los profesores con todo rigor en las clases orales, y los repasos agotadores precedentes a los exámenes, para saberse en un día determinado íntegra cada asignatura, aunque después en su mayor parte se olvidara, constituían entonces el nervio de la enseñanza. Quien saliese airoso en las pruebas finales ante el severo Tribunal, que escuchaba el recitado de los capítulos del libro o de los apuntes del profesor y veía pintar las figuras y escribir las fórmulas en los encerados, con alardes de memoria más que de inteligencia, concluía sin tropiezo la carrera.

No es que se ignorase el gran poder que en los estudios profesionales ejercen los trabajos prácticos; pero su organización defectuosa, por falta de medios, carecía de eficacia.

Los laboratorios eran totalmente desconocidos, a pesar de ser tan esenciales, y por eso en 1912 terminaba la Memoria que escribí en unión de Orduña sobre «La Enseñanza técnica de Europa» diciendo: «La creación de laboratorios de alumnos, que constituye para nosotros el punto capital en el nuevo sistema de enseñanzas, requiere una gran perseverancia, un entusiasmo ciego por parte de profesores y alumnos, que es preciso despertar y alimentar, y, además, recursos importantes, que sólo los Poderes públicos pueden conceder.»

En las salas llamadas de dibujo se hacían algunos trabajos gráficos pésimamente orientados. La cultura gráfica, lo mismo que la enseñanza oral, carecía de sentido pedagógico. Así como en esta última se aprendía servilmente, según se ha dicho, el texto con sus figuras, en aquella se copiaban fielmente los modelos, sin entender su plena significación. Se hacían, a veces, proyectos, siempre reñidos con la realidad, sin casi intervención del profesor, que se limitaba, el día del examen de trabajos gráficos, a juzgarlos severamente con una nota. Las excursiones escolares para visitar fábricas, talleres, obras, museos, etcétera, no formaban parte de aquellos planes de enseñanza, y se daba el caso de alumnos que cursaban la asignatura de Puertos, sin haber visto el mar.

Se salvó entonces el prestigio de la Escuela de Caminos gracias al elevado nivel científico de los estudios teóricos, en relación con la incultura dominante, y a que se refugiaba en nuestras aulas lo más bri-

llante de la juventud estudiosa, que al salir de la Escuela adquiría trabajosamente en las realidades de la vida la práctica profesional, para dirigir las importantes obras públicas que en España se realizaron; pero el rendimiento de la enseñanza profesional era, así, muy escaso.

* * *

Los procedimientos actuales de enseñanza de la Escuela de Caminos consignados en el art. 4.º del Reglamento, son los siguientes:

- 1.º Lecciones orales.
- 2.º Trabajos de Laboratorio.
- 3.º Trabajos prácticos y gráficos para la redacción de proyectos.

4.º Excursiones y visitas a obras e instalaciones. Vamos a dar una idea de cómo se practican.

Lecciones orales.—Siguen teniendo las clases orales la importancia que merecen; pero han dejado de ser, como ocurría antes, casi el único procedimiento de enseñanza. Para dar cabida a las demás, se ha impuesto la necesidad de simplificar los programas, con lo que se suprimen detalles innecesarios, que fácilmente se olvidan, y en cambio se destacan con más vigor los conceptos fundamentales.

En todos los años se dan dos clases orales diarias de una hora, en las que se ha desterrado el método antipedagógico de *recitación*, en el que el profesor señalaba cada día la lección del siguiente en un libro de texto, que el alumno repite casi de memoria, mientras aquél escucha pasivamente, con leves intervenciones, a fin de juzgar con una nota la aplicación y el aprovechamiento del alumno.

Contrasta con este método el de *explicación*, seguido con preferencia en las Escuelas técnicas del Extranjero. El profesor habla despacio, claro, conciso y con extraordinario orden, y dibuja, cuando es preciso, con perfección, los croquis o figuras que necesita en los grandes encerados móviles, o los proyecta en la pantalla para aclarar sus explicaciones. El alumno escucha atentamente y toma notas en su cuaderno.

Este método—que se aplica en la Escuela de Caminos en algunas asignaturas—requiere, para que sistemáticamente se emplee en todas, la existencia de profesores auxiliares repetidores y que se combine con repasos y pruebas frecuentes que comprueben el aprovechamiento de las explicaciones. En estas condiciones, los alumnos asimilan ideas claras y fundamentales y entran en juego en la enseñanza las facultades personales más elevadas de aquéllos.

En general, se sigue en la Escuela un método mixto, ya que el profesor único en cada asignatura debe explicar los conceptos técnicos y repetirlos, para que los aprendan los discípulos. Se señalan libros de consulta, más que de texto, que sirven de base al estudio personal del alumno, y de guía a las preguntas que el profesor dirige en clase y a las explicaciones de éste.

Pruebas parciales, escritas y orales, realizadas du-

(1) Véanse los números 2 427, 2 428 y 2 430, páginas 149, 173 y 221 de la REVISTA.

rante el curso ante cada profesor, y una prueba general que se realiza, del mismo modo, en el mes de junio, no siempre a todos los alumnos, sirven para juzgar a éstos en sustitución a los exámenes clásicos ante Tribunales, felizmente desterrados hace años de nuestra Escuela.

Los profesores de cada año deciden en Junta, a fin de septiembre, acerca de los alumnos que deben pasar al curso siguiente y los que han de repetir de un modo completo el mismo curso, después de examinar el comportamiento integral de cada uno.

Trabajos de Laboratorio.—Para realizar cumplidamente estos trabajos, que se iniciaron en el Laboratorio de ensayos de materiales de construcción anejo a la Escuela, que coopera a la enseñanza técnica, se ha levantado el Laboratorio especial para uso exclusivo de alumnos, del que se hizo una reseña concisa en el artículo anterior.

Las prácticas de laboratorio se hacen, en general, por las tardes, y los alumnos asisten por grupos y con carácter obligatorio a una serie de ensayos y experimentos en las diversas secciones, bajo la dirección de los profesores de las respectivas asignaturas, auxiliados por los ingenieros operadores y peritos electricistas, geólogos y químicos especialmente afectos a estos trabajos.

En la imposibilidad de dar cuenta en este artículo de todos ellos, vamos a enumerar los que se realizan en las prácticas de los cursos de Electrotecnia 1.^o y 2.^o, ya que esta sección del Laboratorio es, según dijimos, la más completa.

Corrientes continuas

Comprobación de la electrización de los cuerpos por frotamiento (Magnetoscopio; Pantalla y vaso de Faraday; Botella de Leyden; Electroforos).

Medición de resistencia de conductores.—Idem internas de acumuladores y fuerzas electromotrices en los mismos aplicando las leyes de Ohms y de Kirchhoff.

Medición de resistencias de conductores con el puente de Wheatstone. Aplicación a la medida de la resistencia del filamento de carbón y metálicos de las bombillas.—Comprobación de la disminución de resistencia en las primeras y el aumento en los segundos por la elevación de temperatura. Aplicación a la medida de la resistencia de conductores de dinamos, notando la diferencia entre los de los inductores de los excitados en serie y en derivación.

Efectos electroquímicos de las corrientes.—Comprobación de amperímetros con el voltímetro.

Formación de fantasmas magnéticos con imanes y electroimanes.—Comprobación de la fuerza atractiva y repulsiva de los mismos.—Aplicación a los interruptores de mínimo voltaje.

Formación de fantasmas magnéticos en campos creados por corrientes circulando por conductores de distintas formas.—Aplicación al campo del solenoide con núcleo de hierro.—Deformación de los fantasmas por la introducción de hierro en el campo.

Acciones de corrientes sobre imanes.—Experimento de Oersted y comprobación de la regla de Ampère.

Acciones de campos magnéticos sobre corrientes.—Experimento de Faraday.—Comprobación de la regla de Fleming.—Soplo magnético aplicado a los interruptores.

Acciones de campos magnéticos creados por corrientes sobre núcleos de hierro.—Aplicación a los interruptores de máxima intensidad y a los voltímetros y amperímetros.

Comprobación de la acción de campos creados por corrientes sobre corrientes.—Giro de una espira en el campo creado por una corriente fija.

Golpe de ariete eléctrico producido por extracorrente de apertura y cierre en un circuito con núcleo de hierro.

Corrientes debidas a la inducción mutua.—Carrete de Ruhmkorff.

Descargas a través del vacío.—Rayos X.

Medida del flujo magnético con el galvanómetro balístico y el fluxómetro Grassot.—Determinación de las fugas de flujo magnético con el galvanómetro.

Distribución en serie y en paralelo.—Comprobación de las caídas de tensión en cada caso.

Tarado de voltímetros, amperímetros y vatímetros con aparatos patrones.

Comprobación de contadores y corrección de los mismos.

Fotometría de lámparas de incandescencia.

Corrientes alternas

Medidas de diferencia de potencial y de intensidad de corriente en sistemas en estrella y en triángulo.—Medidas de potencia y determinación del coseno φ con diferentes cargas óhmicas, inductivas y con capacidad.—Influencia de éstos en serie o en paralelo.—Resonancias.

Acciones dinámicas en un circuito con resistencia inductiva recorrido por corriente alterna.—Idem magnéticos y eléctricos sobre otro circuito también con resistencia inductiva.

Curvas del coeficiente de autoinducción en devanados con núcleo y sin núcleo—influencia de la frecuencia.—Idem del voltaje.

Variación del factor de potencia en un circuito con resistencia inductiva en función del voltaje entre terminales.—Idem de los volt-ampères y de la potencia verdadera.

Efecto de resistencias inductivas conectadas en paralelo.

Comparación entre los efectos de una capacidad y una resistencia inductiva.

Efectos de una capacidad, resistencia inductiva y resistencia óhmica en serie.—Caso que hay resonancia de voltaje.

Efectos de capacidad y resistencias inductivas en paralelo.—Caso de resonancia de intensidad.

Los anteriores experimentos de corriente alterna se realizan primero sólo con voltímetro, amperímetro y vatímetro y después con el ondógrafo Hospitalier, para obtener las curvas en cada caso y comprobarlas con lo leído en los aparatos.

Dibujo de la sinusoide equivalente a las curvas obtenidas con el ondógrafo.—Determinación del coeficiente de deformación.—Determinación de valor eficaz deducido de las curvas y su comprobación con lo leído en los aparatos.

Tarado de vatímetros y contadores.

Comprobación de la correcta polaridad sucesiva de un armazón magnético.—Variación de la f. e. m. generada en una dinamo en función de la velocidad.

Variación de la resistencia del inducido de una dinamo entre terminales para diferentes cargas, estando la máquina parada y en marcha.

Variación de la resistencia del inducido de una dinamo, entre terminales con la variación de la temperatura.—Deducción de la temperatura de los devanados de la resistencia medida.

Característica a circuito abierto de dinamos.

Característica externa de dinamos, serie, shunt y compound.

Reacción de inducido y caída óhmica en idem.

Pérdidas en vacío y separación de pérdidas mecánicas y en el hierro.

Determinación del momento de inercia por el procedimiento del retardo.

Determinación del rendimiento de una dinamo por el método en las pérdidas reparadas.—Dibujo de las curvas de pérdidas en inducido, inductor y en vacío.

Acoplamiento de dinamos en serie y en paralelo.

Distribución trifilar.—Efectos del desequilibrio en los puentes.—Corte del neutro.

Fijación de la línea neutra en una dinamo.

Puesta en carga de dos dinamos, por el procedimiento de Hopkinson.

Pruebas al freno Prony y en su día con el Sprague de motores de corriente continua.

Dibujo de las curvas características.—Determinación del rendimiento.

Comprobación de la polaridad instantánea en un transformador a los efectos de acoplarlos en paralelo.

Determinación de la variación de las pérdidas en el hierro en un transformador en función de la intensidad.—Idem de la frecuencia.—Separación de las pérdidas por histeresis y por corrientes parásitas.—Determinación de las pérdidas por kilo de circuito magnético.

Rendimiento de un transformador con distintas cargas.

Medida de la rigidez eléctrica de aceites neutros comparada con la del aire.—Efecto en la adición del agua al aceite.—Perforación de aisladores y material aislante de todas clases.

Características de alternadores.—Voltaje en función del factor de potencia de la carga.—Idem en función de la intensidad de la corriente. (En las dos curvas la excitación es constante.)—Con tensión constante en los terminales, curva del factor de potencia de la carga en función de la excitación.—Idem de la corriente en línea o carga.

Acoplamiento en paralelo de alternadores.

Pérdidas en vacío.—Separación de pérdidas.

Elevación de temperatura.—Método de oposición.—Método de Hobart-Ponga.

Determinación del rendimiento por el procedimiento de pérdidas separadas.

Grado de regulación de alternadores con factor de potencia cero y distinto en cero.

Arranque de motores síncronos.—Con motor auxiliar, convirtiéndolo en asíncrono.

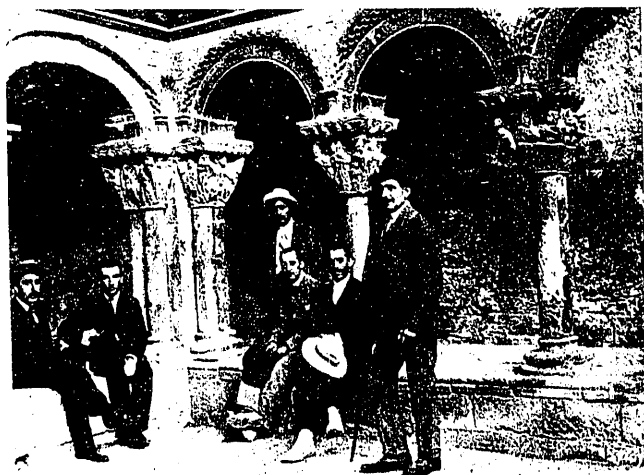
Curvas en V de motores síncronos.

Arranque de motores asíncronos.

Curvas características de motores asíncronos obtenidas con el freno Prony y en el día de mañana con el freno Sprague en función de la potencia producida.—El deslizamiento en por ciento; par motor; potencia real y aparente absorbida; factor de carga en por ciento; velocidad en r por l' ; rendimiento en por ciento.

Con idéntica orientación, dentro de los medios disponibles, se hacen los trabajos prácticos y experimentales en las demás secciones del Laboratorio de electro-mecánica, y en las de química, ensayo de materiales aglomerantes, metalografía, geología y topografía.

Trabajos gráficos y proyectos.—Los trabajos gráficos de todos los cursos se hacen en la Escuela de Caminos, por la mañana, durante dos horas, especial-



Grupo de alumnos en San Juan de la Peña. (Año 1911.)

Fot. Lluch.

mente destinadas a ellos, y algunos se desarrollan o ultiman en la residencia privada de los alumnos. En la Escuela encuentran siempre la ayuda de los profesores, que intervienen para orientar a los alumnos

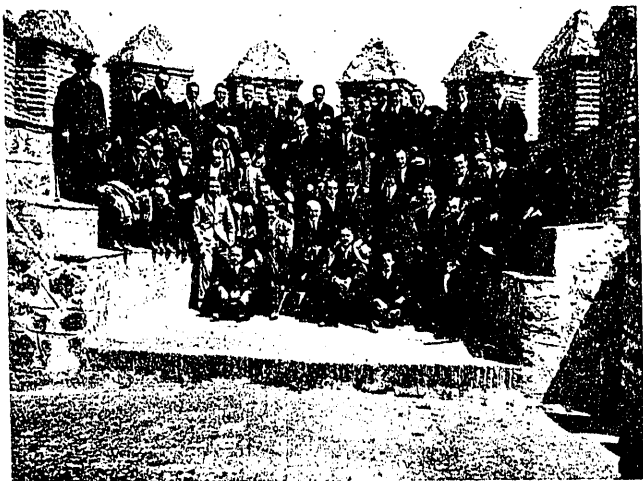


Los alumnos en Granada. (Año 1911.)

en el tema que tienen en estudio y despertar en ellos las iniciativas de soluciones originales.

En los exámenes de ingreso ya dijimos que se intensifica el rigor en la técnica del dibujo, para que los alumnos ingresados croquicen, rotulen y dibujen con claridad, exactitud, sobriedad y limpieza. Así, las asignaturas de dibujo dadas en el 1.º y 2.º año de la carrera son más bien de proyectos de elementos constructivos de nuestra profesión, que de dibujo propiamente dicho. Al mismo tiempo se hacen pliegos de Geometría descriptiva y sus aplicaciones, y en cursos

sucesivos se hacen trabajos gráficos de mecánica y numerosos proyectos de obras hidráulicas, caminos, puentes, etc., con datos previamente estudiados por



Los alumnos en Toledo. (Año 1916.)

los profesores, que guían a los alumnos y discuten con ellos, sin abandonarlos exclusivamente a sus fuerzas.

En último año, como final de la carrera, todos los alumnos realizan un proyecto con datos tomados de la realidad, para lo cual durante los meses de verano se trasladan, no sólo a los servicios de Obras públicas de las distintas provincias, sino también a la de las Compañías de ferrocarriles y otras de importancia, que acogen con afecto e interés a los futuros ingenieros, para que desarrollen los temas que previamente se consultaron con dichos servicios y Compañías.

Los ejercicios y proyectos los conservan los alumnos en cuadernos, visados por los profesores, para que al salir de la Escuela los utilicen en sus trabajos profesionales.

Todos estos trabajos gráficos se hacen en la Escuela con gran comodidad, gracias a las nuevas ins-



Grupo de alumnos en la Mezquita de Córdoba. (Año 1925.)

talaciones que se han hecho recientemente, de que se dió cuenta en el artículo anterior.

Existe el proyecto de hacer exposiciones anuales de estos trabajos.

Excursiones y visitas a obras e instalaciones.—Desde hace varios años forman parte de los planes de en-

señanza de la Escuela de Caminos variadas excursiones escolares, que éstos realizan en compañía de los profesores, casi todas dentro de España, para conocer las obras más importantes en ingeniería de la nación y en general cuanto interesa aprender en viajes de instrucción perfectamente organizados.



Los alumnos de Geología en Sierra Morena. (Año 1925.)

Fot. Hernandez Pacheco.

Se aprovecha para esto íntegra la cifra consignada en el presupuesto de la Escuela para auxiliar a alumnos y profesores en los viajes; pero no bastaría al número y extensión de las que todos los años se realizan, si las Compañías de ferrocarriles no facilitasen generosamente, como lo hacen, los transportes, proporcionando todo género de comodidades, que la Escuela agradece vivamente.

En los *Anuarios* de la Escuela se hace un extracto de lo más interesante de la relación detallada que de estos viajes hacen los profesores, que se varían de unos años a otros; porque si bien en todos lados se acoge a los excursionistas con gran cordialidad, no se debe abusar de esta benevolencia.

Los mismos alumnos vienen dando cuenta en esta REVISTA de algunas de las excursiones que realizan, que dan idea de su gran utilidad.

En general, los alumnos de primer año visitan obras y fábricas para conocer los materiales de construcción (cementos, yesos, canteras, etc.); los de segundo año hacen excursiones geológicas; los de tercer año visitan fábricas de materiales metálicos; los de cuarto año, instalaciones hidroeléctricas, obras de riegos, caminos y excursiones artísticas; los de quinto año visitan obras de puentes y de estructuras metálicas y, finalmente, los alumnos de sexto permanecen varios días en los servicios, para, según hemos dicho, tomar los datos del proyecto de fin de carrera.

De este modo se logra que los alumnos de la Escuela de Caminos, al terminar sus estudios, conozcan toda España, por haberla recorrido durante su carrera, con lo que se fomenta, además, la cultura general que en los viajes se adquiere, de la cual se cuida mucho la Escuela, desde los exámenes de ingreso, en los que uno de los ejercicios sirve para comprobar dicha cultura, tan necesaria para el pleno desarrollo y equilibrio del conjunto de facultades que integran la personalidad humana.

Los excelentes resultados que se logran con la aplicación de estos métodos de enseñanza se comprueban al terminar la carrera, pues desde el primer momento se encuentran los ingenieros de Caminos en condiciones de prestar servicios útiles a la industria, no sólo en la de su especialidad profesional, sino en la de otras ramas de la Ingeniería, debido a la base técnica solidísima que se les da en la Escuela.

Vicente MACHIMBARRENA
Director de la Escuela de C., C. y P.

DE ARQUITECTO A INGENIERO

Hace unos días, en esta REVISTA, un ingeniero ha salido en defensa de la estética de una ciudad bellísima: Toledo. No habría ésta de peligrar si cuantos trazaran obras en ella tuvieran la sensibilidad que en su cordial escrito descubre el Sr. Machimbarrena, bien de acuerdo, por cierto, con las últimas posiciones en estética.

Sin discurrir ahora sobre si en Toledo se debe construir un puente, sólo me propongo, con las líneas que siguen, interesado por la indicación que hace a los ingenieros el autor del artículo, aconsejándoles la colaboración con artistas, consignar una pequeña aclaración, si es que lo es, sobre las relaciones que ingeniero y arquitecto pueden tener en la compenetración de sus esfuerzos para producir la obra *una*, e insistir ligeramente en algunos conceptos de arquitectura que en tal colaboración se manifiestan con vivacidad.

* * *

Arquitectura, en su sentido más puro y esencial, arte, y el arquitecto es únicamente artista. La

utilidad de la Arquitectura es un accidente de ella y no otra cosa.

Pero arte es armonía, y la Arquitectura es sólo eso: armonía. Esta cualidad reside en la Naturaleza. El artista es, puramente, un medio que ordena algunos acordes de la integral sinfonía del Universo. Es el espejo que muestra o la turmalina que filtra.

La obra del ingeniero pelea contra la Naturaleza y la vence; mejor dicho, armoniza en ella. Existir es armonizar con el medio, y vencer también es armonizar.

El ingeniero, cuando lo es hasta lo más hondo de su ser, es, inconscientemente, un artista.

La Mecánica descansa en algunos postulados geniales. Los matemáticos que tuvieron su intuición fueron los númenes de la ingeniería, los precursores.

Pero la intuición es el razonamiento del poeta; y es aquí donde el mecánico es artista, es arquitecto: ordena y crea.

Y, además, los postulados de la Mecánica tienen la misma inestabilidad que las reglas del Arte.

La fórmula mecánica es una expresión genial de