

Consideraciones sobre el "Arte del Ingeniero"

(Conferencia dada en el Instituto de Ingenieros en las sesiones jenerales de 1895.)

Con este título nos hemos propuesto indicar, lo mas brevemente posible, cuales son los vacios que se notan en la enseñanza del joven ingeniero en nuestro pais.

O lo que es lo mismo, discurrir sobre aquello que le falta al estudiante de ingeniero; lo cual resulta, a nuestro juicio, de las dos causas siguientes;

- 1.º De lo que se le dá de mas, i
- 2.º De la manera como se le dá lo que debe saber.

I

En el largo trayecto que es menester recorrer para llegar a ser ingeniero podemos distinguir tres periodos de carácter distinto: en primer lugar tenemos los estudios de ciencias puras, abstractas, donde se aprende, con las matemáticas, a raciocinar de una manera justa i firme, sin vacilaciones i sin concepciones; en seguida vienen los años de aplicaciones, donde el juicio se forma en un trabajo incesante de comparacion entre los medios de resolver un mismo problema bajo la influencia de los múltiples elementos; i en fin la estadia en un taller o en una fábrica, donde se acostumbra a la práctica i se adquiere la habilidad profesional.

La escuela no hace sino comenzar el ingeniero, la fábrica solamente puede terminarlo.

Es de importancia capital inculcar al alumno el gusto a la práctica desde el principio de sus estudios, creando los laboratorios i talleres indispensables en la misma escuela para completar la enseñanza i hacer resaltar mas alto i hacer mas comprensibles las lecciones que reciben en los cursos.

Acáso no se ha notado este fenómeno frecuente: que ciertos alumnos lucidos en los exámenes de los primeros años se eclipsan ante los del segundo período, que los enamorados de las *x* se encuentran embarazados en los estudios de aplicaciones.

Es evidente que cuando mas se llena uno de cierto jénero de estudios mayor es el imperio que sobre el modo de pensar ejerce la naturaleza de este mismo estudio.

Si las ciencias puras poseen tal encanto lo deben exclusivamente a la rigurosidad misma de sus razonamientos demostrativos, a la certidumbre de las leyes precisas que esponen i discuten, a esta dulce i suave quietud en la cual entretienen el espíritu.

Como no ofuscarse con esas bellas ecuaciones tan misteriosas cuando se las considera, tan abundantes en confidencias ingeniosas para quien ha sabido comprenderlas. Casi todos hemos experimentado este encanto peligroso como todas las seducciones; peligroso, por cuanto la costumbre de las soluciones absolutas invade el cerebro i establece su imperio.

Abordando los estudios de aplicacion, los cuales conducen o arrastran al estudiante hacia la profesion a que se dedica, será necesario proceder de una manera mui distinta para llegar a un resultado perseguido.

Aquí nada de absoluto es verdadero, todo es oportunidad i buen juicio; cada problema que se impone tendrá una solucion que dependerá de numerosas circunstancias, de las condiciones locales, del tiempo que debe durar, de su valor propio, de los recursos dispensables, de la mano de obra; son tantos elementos, que

deberán ser sacrificados en parte para llegar por una vía segura a la solución final que dé un resultado económico.

Los conocimientos científicos tendrán naturalmente un papel preponderante que desempeñar en estas combinaciones tan complejas, pero en esta emergencia es el juicio quien puede más.

Precisemos por medio de un ejemplo. Supongamos que se dispone de una caída de agua teniendo cien veces la fuerza que se necesita.

Se desea aprovecharla i para el caso es preciso estudiar el motor que conviene más.

Uno propondrá una rueda estudiada matemáticamente i con todo el arte, la cual será capaz de dar un rendimiento de unos 90% de efecto útil; de tal modo obrará el hombre instruido pero, sin juicio. Otro propone una rueda grosera tallada a hachazos en trozos de madera bruta, pero que no rendirá más de un 20%; ese es el hombre de buen sentido que se dice para sí que es siempre útil no hacer cosas inútiles.

Los dos habrán resuelto el problema; el primero con grandes gastos, i el otro dejando mayores recursos disponibles para los demás trabajos de la empresa.

I si nos imaginamos un hombre que ha entregado su espíritu a las absorbentes, a las seductoras rigurosidades de las ciencias exactas, cuyo raciocinio de una intransigencia estremada no admite concesión de ninguna especie, puesto en medio de esa región industrial, donde el juicio debe ser todo para todo rejirlo i concordarlo. ¿Que puede hacer en ese terreno semejante sujeto?

Estaría en la misma situación, i que se me disculpe la comparación, de un caballo chúcaro en un almacén de porcelanas.

De suerte que los que estudian las matemáticas para llegar a ser ingeniero pueden inculcarse las teorías del alto cálculo, cuanto lo deseen, a fin de comprender con certidumbre todas las aplicaciones; aun más, conviene que las tengan en la punta de los dedos, para manejarlas cuando la ocasión se presente,

como una simple tabla de multiplicacion, i aunque mucho aprendan nunca será demasiado; pero que no se dejen dominar por ellas es lo que conviene al futuro ingeniero.

II

La primera prueba por la cual debe pasar el jóven ingeniero es al escojer con diccernimiento un ramo, mecánica, construccion, minas, metalúrgica, química, que convenga a sus gustos i a sus aptitudes. Aquellos que se engañan i cambian de rumbo confiesan un error i experimentan una pérdida de tiempo; aquellos que cambian dos veces muestran una inestabilidad inquietante en las ideas i la pérdida de tiempo que resulta comienza a ser un fraude; los que cambian todavia, caen en una especie de vida errante i comprometen su porvenir.

La continuidad de los esfuerzos es la mitad del secreto para triunfar.

Es así lo que se nota en ciertos espíritus muí amantes en los primeros tiempos de las ciencias exactas, dejándose absorver por los estudios abstractos; espíritus que no ven desde un principio otras cualidades que es necesario llevar consigo mas tarde en los estudios de aplicacion.

Este es el motivo que nos ha sugerido la idea de hablar a este respecto, para conseguir que se llenen en la enseñanza superior de nuestro país ciertos vacios que es de la mas grande importancia llenar lo mas pronto, para que en cuanto el jóven ingeniero salga de la escuela no tenga tropiezo de ningun jénero al abarcar un asunto de su profesion que se le confie.

Quiero pues hablar de una ciencia mal conocida hasta ahora en la enseñanza en Chile la cual la necesitan los ingenieros de todas las categorias; la *Mecánica Aplicada* con su enseñanza práctica en el laboratorio instituido en la misma Universidad.

A esta asignatura se le ha dado mucha importancia, tanto

en Europa como en Estados Unidos, en todas las Universidades i Escuelas de Ingenieros. Ademas, no es cosa antigua, puede decirse mas bien que es de actualidad; por eso no veo el motivo porqué hemos de quedarnos atras puesto que el adelanto i prosperidad de un pais está en razon directa con el número i cualidades de su escuelas.

Conviene tomar nota de lo que en esos paises pasa.

Al mismo tiempo que escuelas de ingenieros existen escuelas Industriales, de Arte i Oficios, de las cuales salen jóvenes, sin duda alguna, ménos instruidos que los de las primeras, cuya preparacion no puede aspirar a las mismas alturas, pero que ponen tan directamente las manos en el trabajo, que el día que se cuenta los servicios prestados, la obra de ellos aparece ser considerable.

Corresponde a los jóvenes ingenieros hacer que la propia sea aun mayor.

Colocándose bajo el punto de vista jeneral de la preparacion técnica de los ingenieros, de cualquier especialidad que sea, estimamos que el mínimo de mecánica práctica que todos deben adquirir en la escuela comprende, fuera del conocimiento detallado del funcionamiento de la máquina a vapor i de todos sus órganos:

- 1.º La determinacion del trabajo efectuado en el cilindro de una máquina a vapor, por medio del estudio i cálculo del diagrama indicador;
- 2.º La medida del trabajo útil o disponible en el árbol de la máquina por medio del freno de Prony, cuando es posible, o por otros aparatos dinamométricos convenientes;
- 3.º La determinacion del trabajo absorbido por las máquinas del taller;
- 4.º La determinacion del consumo de combustible en un generador para la produccion de vapor determinado.

En verdad, cuando no se han adquirido estos conocimientos

en la escuela, cuántas decepciones, cuántos fastidios tienen que experimentar los jóvenes recién salidos de ella para resolver un problema de ésta naturaleza.

I es entonces cuando sienten en su espíritu la tormenta de haber gastado tanta labor, tantas inquietudes en la Escuela con especulaciones analíticas exajeradas i con abstracciones del todo inaplicables.

Para evitar estos males es indispensable establecer laboratorios de mecánica práctica en los que se posesionen los futuros ingenieros de estos conocimientos tan útiles para el ejercicio de su profesion.

III

La mecánica, puede decirse, es una ciencia esencialmente concreta; sus principios, sus conceptos técnicos, gobiernan equilibrios i movimientos de las cosas materiales.

No hai mecánica verdadera posible sin que se tomen en cuenta las cosas que constituyen el objeto.

I si tal es, por su esencia misma, la característica de esta admirable ciencia, ¿cuánta razon hai para considerarla bajo este punto de vista al constituir la enseñanza de los futuros ingenieros?

Enseñarla para saber construir obras de arte que se mantengan de pié, recipientes bajo presion que no revienten, máquinas que den vuelta con efecto útil máximo, tal es el objeto que se debe perseguir i no estudiar mecánica como charla matemática.

Es por esto que esperamos sea admitido lo que pedimos. No hai ingeniero que pueda arrepentirse hoi dia de tener vastos conocimientos de mecánica, pues siempre son útiles i necesarios.

En todas las industrias i en todos los trabajos se presentan constantemente aplicaciones numerosas i variadas.

El ingeniero debe estar preparado para resolver los problemas que puedan presentarse, i no es consultando una obra en un

momento dado como llegará cómodamente a encontrar la solución final; para la mecánica se necesita preparación técnica i práctica de la Escuela.

Ahora veamos lo que sucede con la iniciación *mecánica en nuestra Universidad*.

IV

Segun los programas existentes en ella se carece por completo de un curso de mecánica aplicada.

Pero es preciso cultivar paralelamente la teoría y la práctica.

Los estudiantes para ingenieros siguen todos la asignatura llamada mecánica racional, o mas bien dicho, mecánica analítica; es decir, una mecánica abstracta, desprovista de toda relación con las cosas concretas que constituyen el dominio verdadero de la ciencia.

Todo lo que se les enseña es un teorismo neto; se les diserta sobre el equilibrio, el movimiento i la acción de un punto llamado material i que tiene de todo lo que quieran menos de tal.

¿Qué son en el hecho los cuerpos que representan esos puntos?

¿I qué son esas flechas que hacen correr un punto imaginario tan luego hacia la derecha o hacia la izquierda, i esos cuerpos que ruedan los unos sobre los otros por medio de ecuaciones analíticas?

¿I las fuerzas ellas mismas, sus distintos modos de acción física i su medida comun?

Segun el programa, nadie dice una palabra a los alumnos.

Todo aquello será mui bello, sin duda alguna en teoría, pero nada se saca en limpio en las aplicaciones industriales, nada de esto se encuentra en la corriente de la vida del Ingeniero.

Resulta que el estudiante se consume en penosas i estériles combinaciones para adquirir abstracciones obscuras o nebulosas

en lugar de dedicarse a adquirir nociones práctico-científicas, a la vez útiles por su objeto i eficaces por la confianza que en el alumno crean.

En el estado actual de cosas cuando éste ha rendido el examen sobre esta asignatura, ¿qué sucede?

En dos o tres meses ha olvidado casi todo, puesto que poco le sirve en los cursos que vendrán despues.

¿Qué es, pues, lo que habría que hacer en este estado de cosas?

Antes de todo subordinar lo abstracto a lo concreto, es decir, no enseñar el concepto teórico sin la noción de observacion i de experiencia. Además, los desarrollos puramente especulativos que tienen muy poca o casi ninguna relacion con las aplicaciones técnicas ulteriores deberían ser útilmente acortados.

Resumiendo; la enseñanza de la mecánica analítica, juiciosamente reducida bajo el punto de vista especulativo, debería comprender nociones preparatorias que podrian llamarse de mecánica física, constituyendo una esposicion exacta de las distintas fuerzas que la naturaleza nos ofrece, de sus modos propios de accion, de sus medidas i de los principales mecanismos elementales con los cuales se les pone en juego, o en los que interviene su accion.

Con la mecánica aplicada los jóvenes ingenieros aprenderian el estudio físico i práctico de la máquina a vapor, sabrian conocer la relacion íntima que existe entre el movimiento de las distintas piezas, la conformacion jeneral de las distintas clases de motores, de vapor, de agua, de aire comprimido, de viento, etc., i la razon de ser de cada cosa; sabrian como se obtiene los diagramas del indicador para medir la fuerza de la máquina i podrian efectuarlo ellos mismos teniendo un laboratorio en la misma escuela; en fin, podrian resolver un gran número de otros problemas que se presentan en la práctica.

V

Es preciso considerar seriamente lo que es menester darle al estudiante ingeniero. Lo que se le dá de mas constituye una abundancia de bienes que no deja de perjudicarle; es una sobrecarga que ofrece el doble inconveniente de impedir una suficiente aplicacion de las cosas esenciales i de imponer, sobre todo a los buenos estudiantes, en la labor intelectual una estension capaz de sobrepasar el límite de elasticidad del cerebro.

En efecto, cuantas veces se ha notado que un estudiante recargado de trabajo i lleno el espíritu de tantas i tan diversas materias llega, a causa de un trabajo forzado hasta el último momento, a ofuscarse de tal modo en el momento de rendir sus exámenes que inconcientemente confunde todo en su espíritu, que no puede formarse idea cabal para comprender i contestar a una pregunta que se le hace.

Cuantos estudiantes han pasado por esa emergencia i pasarán aun.

Parece que esto no valiera el ser tomado en consideracion visto que cuando se hace tales observaciones a los partidarios de los programas recargados os contestarán siempre: la prueba de que lo que se exige es posible, es que lo hacen.

Es verdad que lo hacen, pero la respuesta me parece algo perentoria.

El alumno, como el hombre colocado entre la espada i la pared, ante el indomable fierro del programa i sus sacrificios hechos, i por hacer, para obtener un título que mas tarde sea su apoyo, tiene que producir un esfuerzo supremo que no es lo natural ni conveniente.

VI

Lo que se le dá de mas al jóven ingeniero es, segun mi idea, una de las causas de lo que le falta. En cuanto a la manera como se le dá lo que debe recibir, dos observaciones me parecen oportunas:

La primera se refiere a la enseñanza de los ramos de matemáticas, la segunda concierne a la de los otros ramos científicos i tecnológicos.

Para asegurar la eficacia de la enseñanza de los ramos de matemáticas, conviene indicar de una manera explícita que esta enseñanza debe contener no solamente la esposicion de los principios, sino que tambien la aplicacion de éstos.

El objeto esencial por alcanzar es, en efecto, que los ingenieros sepan manejar los aparatos matemáticos; pero la enseñanza actual creo que es aun demasiado dogmática.

Bajo este punto de vista convendría insertar al fin del programa, que el interrogatorio sobre los ramos de matemáticas debe contener ejercicios de aplicaciones, lo mismo que de la esposicion de las teorías.

En cuanto a los demas ramos científicos i tecnológicos convendría reaccionar contra la tendencia existente de darles demasiado desarrollo.

Sobre esto es preciso entenderse: no se trata de reducir los cursos a simples sumarios sino de distinguir en cada ramo lo que es esencial o importante de lo que es de un orden secundario; de distinguir los principios fundamentales, a menudo dificultosos para comprenderlos, que exigen el socorro de una enseñanza oral, lucida i explícita, de las nociones puramente descriptivas, que el que se inicie podrá adquirir solo mas tarde a voluntad de la especialidad técnica o científica que llegará a ser la suya.

Hecha esta distinción es preciso recalcar mas insistiendo en

las nociones de primer orden a fin de que el entendimiento reciba una marca i una imájen que por su profundidad i vivacidad permanezcan de un modo persistente, i en cuanto a las nociones de segundo orden deben ser acordadas con el objeto de no perturbar la memoria con diversidad de materias que, apesar de todo lo que se haga, se disipan o se olvidan mui pronto.

En resúmen, para asegurar la eficacia de la enseñanza conviene restringirla en estension i profundizar mas.

No se crea que nuestras ideas son exajeradas, por el contrario, opino que los estudiantes deben estudiar y estudiar mucho pero creo un justo deber manifestar que no es necesario recargarlos demasiado con labores penosas, sin darles una compensacion intelectual.

VI

Se comprende de este modo los cambios de promocion, en los cuales vacilan periódicamente aquellos que no han visto qué otras cualidades necesitaban llevar consigo en los estudios de aplicacion.

Se comprende tambien una lucha en algunos grandes espíritus antes de llevar a cabo esta evolucion necesaria; la ciencia era su diosa, las penosas realidades de la vida van a arrancarla de su trono i hacerla un instrumento.

Pero esos le guardarán sienmpre un culto en el fondo de su pensamiento; en los momentos difíciles volverán siempre a venderle su devocion en su templo, i atentos en su marcha, en su nueva condicion, no desconocerán jamás su severidad i su potencia.

¡Jóvenes! Habeis permanecido bastante tiempo en la escuela, teneis apuro en salir de ella; habeis conquistado vuestro diploma de ingeniero, no os falta mas que llegar a serlo.

Una primera prueba para vosotros es saber escojer aquella especialidad a la cual pensais para siempre dedicaros.

No os engañéis, ya el momento ha llegado de presentarse a un jerente de fábrica, o a un director jeneral. Se me preguntará ¿quién es ese director jeneral? Pues bien, puedo satisfaceros: es un hombre que ha llegado, por el trabajo i por su constancia desde la primera hora, a todos los puestos que le han sido confiados, por mui humildes que hayan sido en su principio. Tiene lejítimo orgullo de una posesion valientemente conquistada; es de aquellos que se les puede clasificar en la categoria de los ingenieros gordos. Tiene el carácter fácil i condescendiente; todos los directores jenerales son encantadores, excepto uno solo... aquel que se tendrá mas tarde; éste sujeto existe siempre en alguna parte i es mui precioso para hacer valer la sociabilidad de los demás.

Principiará por interrogaros i tratar de descubrir, con esa rapidez de juicio que ha sabido formarse, ¿quién es Ud. i que puedo hacer de Ud?

Estad tranquilos, es un hombre de mérito, he dicho, por consiguiente es amable e induljente. Os hablará como hombre de fábrica, de carbon, de minerales, i le respondereis como hombre de escuela, carbonos, óxidos, i ¿qué sucederá? Os encontrará *in petto*, seguramente, poco instruido i mal preparado.

No os alarmeis por esto; se os juzga como se le juzgó a él en la misma hora de su carrera.

Cuando seáis director jeneral, a vuestro turno, juzgareis del mismo modo a los jóvenes imberbes de la escuela i será así mientras existan directores jenerales, gerentes i escuelas.

Principiará por designar al recién llegado un servicio de órden secundario i aguarda lo que vais a ser capaz de hacer.

No es preciso alarmarse, no deben decirse: valia la pena de aprender tantas cosas para caer en esta ocupacion banal. No, no, el medio mas seguro de cumplir bien su oficio es de creerse superior a él; no hai pequeños oficios, no hai sinó maneras

mezquinas de comprenderlos; ¿i qué mayor mérito que sacar algo de casi nada?

El director jeneral sabe mui bien lo que hace cuando le dá al jóven ingeniero una ocupacion subalterna; sabe que el recién llegado debe aclimatarse en un cierto medio, en un pais que le es extranjero i que tendrá que reconocer el suelo sobre el cual debe caminar, los usos i los habitantes: un proverbio frances dice que en todo pais existe una legua de camino dificultoso, siendo preciso aprender a andar en él.

En los primeros tiempos el mejor sistema consiste en no hacer nada sino mirar hasta ver claramente: no es un arte fácil adquirir la intuicion pronta de lo que pasa a nuestra vista; se instruirán poco a poco con la esperiencia de los demas.

En posesion de las condiciones prácticas, i de la marcha regular del servicio que se ha confiado al jóven ingeniero, su trabajo, su empeño, que ha sido ya aumentado con la prudencia, puede tratar de producirse.

No hai servicio que no admita mejoras. Sin embargo, no hai que apurarse, no hai que arriesgar aventuras; los cerebros que hierven con invenciones, molestan en las oficinas; es verdad que la ducha del director jeneral o del jefe de seccion no se encuentra mui léjos

Mejorar, progresar es tambien una ciencia que tiené su método. No se pide a nadie, esta claro, inventar todos los dias el procedimiento Besemer; tanto mas cuánto el procedimiento Bessemer es mas bien un encuentro que una invencion.

Profunda sabiduria hai en la voz que solo dijo: «buscad i encontrareis» i tuvo mucho cuidado de no añadir que se encontraría lo que se buscaba.

Pero no es de estas creaciones de grandes consecuencias i excepcionales que quiero hablar, sino del arte difícil de ver los hechos mas sencillos que pasan cada dia a nuestro ojos.

Encuentro la prueba en un hecho cuya simplicidad no deja

nada que desear i que todos conocemos: se trata de la fusion de un lingote de acero. Se toma acero en estado líquido i se llena un molde; cuando al exterior se ha solidificado se demolda i el lingote demasiado enfriado esteriormente para ser matillado o laminado es recalentado en hornos especiales, o sea con gastos de carbon i mano de obra. Se le dá en seguida la temperatura necesaria para entregarlo al trabajo mecánico.

Pues bien, durante veinte i cinco años esta operacion inútil ha sido practicada en las fábricas; durante veinte i cinco años ingenieros del mas alto mérito, arrastrados, absorbidos por la corriente de las preocupaciones diarias, han ordenado este trabajo sin que uno solo pensara preguntarse por lo que pasaría en el interior del lingote.

Mr. Gjers, un buen dia i de esto hace poco, se hizo esta reflexion, que el centro del lingote podia ser acero líquido, que este acero líquido debia poseer un exceso de calor capaz de recalentar el exterior sin gasto de carbon, que bastaria depositar este lingote en una cavidad mala conductora de calor para que el equilibrio se estableciese, i que, por si mismo el lingote se recalentaria.

Estas simplicidades del buen sentido tienen algo que desconciertan.

Esto me recuerda a los alquimistas que buscaron con grandes gastos el disolvente universal hasta el dia en que un simple aldeano de esos tiempos le dice a uno de ellos: «I cuando lo hayan encontrado en que lo guardarán.»

Esto me recuerda a Papin mirando hervir su sopa i viendo la tapa de la cacerola levantarse por el caldo, i diciendose; «hai ahí con que cambiar la faz del mundo»; habia ahí, en efecto, la fuerza del vapor.

Trabajo, coraje, perseverancia, tales son los resortes de todas las asenciones; quien sepa dominarlas no dará jamás el triste espectáculo de un jóven instruido, teniendo campo libre ante

él, postrarse en costumbres banales, o lo que es peor todavía abandonarse por causas a veces pueriles a esa enfermedad invisible i silenciosa del desaliento, que lentamente pone su acción sobre su voluntad, sobre su enerjia física, sobre su cerebro para lanzarlo, enseguida, en la corriente banal de la vida de empleado.

La lei del trabajo lo preservará de estas miserias, lo mantendrá en una actividad sana para el cuerpo i para el espíritu, le hará la vida fácil en sus materialidades i soberbio en sus satisfacciones morales, i si, por acaso, en sus luchas por el progreso el luchador recibe el golpe de la fatalidad, no llevará sinó una honorable cicatriz de la cual se le tendrá cuenta como se le tiene al soldado por la herida recibida en el campo de batalla.

La idea del trabajo es tan grande que despues de esta todas las demas desaparecen. Termino pues, i dejo al hombre que tan elocuentemente ha hablado, a Franklin, el honor de decir las últimas palabras.

Si alguna vez alguien quiere persuadiros de que se puede llegar a la consideracion, a la fortuna, a las altas posiciones sociales, a las alegrías íntimas que constituyen la felicidad, de otro modo que por el trabajo, matadlo, es un envenador!

ENRIQUE LABATUT

Santiago, Octubre de 1895

