

Esto es particularmente debido al bajo precio de coste á que resulta la energía hidroeléctrica en país montañoso, por lo que puede presumirse la fabricación en grandes cantidades de los abonos azoados sintéticos, como el nitrato de cal y de amoníaco y el cianamido. Estos productos, de los que la agricultura hace un gran consumo, podrán reemplazar á los nitratos de sosa importados de Chile, cuyo precio, ya muy elevado, aumentará más en el porvenir á medida que se vayan agotando los yacimientos.

La seda, que ha enriquecido á la metrópoli de Lyón, aprovecha mucho la energía de los saltos de agua. ¿Por qué no aprovecharla también para la lana, el algodón y otros textiles? Es la hulla blanca una mina duradera y fecunda capaz de satisfacer á todas las necesidades; es una de las riquezas de Francia y precisa aprovecharla lo más ampliamente posible para poder reemplazar al carbón que falta.

H.

El laboratorio de máquinas de Zurich

por

D. VICENTE MACHIMBARRENA Y D. JOSE CEBADA

Ingenieros de Caminos.

(CONCLUSIÓN) (1)

SECCIÓN TÉRMICA

Comprende esta sección las máquinas cuya energía es de origen térmico, de vapor, frigoríficas ó de explosión, así como también las calderas y los gasógenos necesarios para la producción de vapor y gas para aplicaciones de esta energía.

En la galería de calderas están instaladas una caldera de hogar interior y otra pequeña vertical de la Maschinenbau-Gesellschaft, de Basilea; una pirotubular de la Schweiz Lokomotiv Maschinenfabrik, y una caldera acuotubular de J. A. Niclausse, de París. La superficie de calefacción de estas calderas son, respectivamente, 40, 5, 70 y 60 metros cuadrados, y las presiones de trabajo son de 12 atmósferas para todos los generadores, excepto para la caldera Niclausse, que puede trabajar hasta 20. Como instalación sumívora se emplea un aparato Kowitzke en el primer generador, y en la caldera Niclausse una parrilla mecánica sistema Muenckner.

La caldera pirotubular dispone de un recalentador Schwoerer, donativo del propio inventor, alojado en una caja de palastro que á voluntad se puede conectar ó desconectar del generador. Para poder regular completamente la temperatura se ha previsto un humeral complementario que pasa por el recalentador, y por donde circula un volumen, variable á voluntad, de los gases de la combustión.

Una bomba de alimentación de alta presión sistema Worthington, otra de vapor con volante de la Schweiz Lokomotiv Maschinenfabrik, y dos inyectores sistema Friedmann completan la instalación de la galería de calderas.

La de vapor comprende los siguientes motores: una máquina de vapor horizontal de triple expansión; otra vertical de dos cilindros, de la Casa Escher Wyss, de Zurich, y otra compound, regalo de la Maschinenfabrik Oerlikon.

El principal motor es la máquina de triple expansión, cuyos émbolos tienen 240, 375 y 600 milímetros de diámetro, con una carrera común de 700 milímetros, y el árbol motor da 100 revoluciones por minuto.

(1) Véase el número anterior.

Los cilindros de alta y baja presión, con volantes y demás piezas, proceden de la Casa Gebrüder Sulzer, de Winterthur, y el de media de Escher Wyss. Entre los cilindros de alta y media presión está montada en el árbol de maniobra una dinamo Thury de corriente continua y de 110 HP., construida por la Société de l'Industrie électrique, de Ginebra; y entre el de media y baja está acuñado un volante para transmisión por cable, que acciona una dinamo de corriente alterna trifásica de 50 HP., construida por la Casa Brown Boveri y C.º, de Baden.

El árbol motor está dispuesto en dos piezas unidas por un embrague, y las comunicaciones entre los cilindros se pueden obtener, permitiendo hacer independiente la parte de baja presión, con las de media y alta presión. De este modo estas dos últimas pueden trabajar independientemente con un momento de inercia muy reducido del rotor de la dinamo de corriente continua, lo que significa una circunstancia muy favorable para los ensayos de regulación.

El cilindro de alta presión tiene distribución sistema Sulzer, con marcadores para el trazado de las curvas de elevación y descenso de las válvulas.

Este cilindro, como los demás del motor, tiene envolvente ó camisa de vapor. El vapor es admitido por la parte central, pudiendo circular ó no en la envolvente por medio de una maniobra de dos llaves de cierre. Igualmente dispone de tubos de comunicación entre el cilindro y los depósitos intermedios, de manera que accionando una llave especial de tres vías se puedan obtener en los mismos diagramas indicadores, la caída de presión en la tubería, el cilindro y el depósito ó cámara intermedia. Se pueden disponer tres grupos de émbolos distintos en este cilindro, con el fin de obtener tres valores diferentes para los espacios perjudiciales. El regulador de que dispone es centrífugo, del tipo Koller con movimiento helicoidal y vaivén del manguito.

El cilindro de presión media tiene distribución sistema Frikart. La admisión y el escape del vapor son independientes, y la compresión se realiza por medio de una doble excéntrica, pudiendo variar entre 0 y 70 por 100. Un regulador de resorte rige la distribución, que también puede maniobrarse á mano.

El cilindro de baja presión tiene distribución tipo Radovanovic, con regulador de contrapeso.

Los cilindros están dispuestos de manera que el motor puede funcionar indistintamente con uno solo de ellos, con combinación de dos ó con los tres cilindros á la vez, con expansión simple ó fraccionada.

Cada regulador, por medio de un juego de transmisiones sencillas, puede actuar sobre cualquiera de las tres distribuciones.

Las manivelas de alta y baja presión son de platillo con orificio, de manera que pueden fácilmente cambiarse la carrera del émbolo, colocando los botones de las manivelas en estos distintos orificios, ó el ángulo de acuñado de las mismas.

La potencia del árbol motor se puede determinar por medio de frenos mecánicos ordinarios ó frenos eléctricos, y el trabajo transmitido por los cables se puede registrar automáticamente por un dinamómetro hidráulico suministrado por la Casa J. Amsler-Laffon, de Schaffhausen.

Haciendo trabajar la dinamo como motor, y desconectando sucesivamente las piezas de la máquina, se puede determinar, por la potencia eléctrica indicada en el cuadro, el trabajo resistente pasivo que absorbe cada elemento desconectado, así como el rendimiento orgánico total del motor.

En esta máquina se pueden realizar numerosos ensayos térmicos y dinámicos y trabajos de investigación interesantísimos.

La máquina de vapor vertical de la Casa Escher Wyss y C.º,

está construida para trabajar á 20 atmósferas de presión. El cilindro es de 210 milímetros de diámetro interior; el de baja, de 380 milímetros; la carrera común es de 300 milímetros; el árbol motor da 250 revoluciones por minuto.

La distribución en el cilindro de alta es tipo Meyer, y en el de baja por válvulas Trik, pudiéndose variar los períodos de expansión y compresión ampliamente por medio de una doble excentrica, que modifica el ángulo de acuñado de las manivelas.

El regulador está montado en el volante y lleva un aparato sistema Doersel para determinar el número de vueltas, con anillo de masas de inercia intercambiables, rozamientos artificiales, etcétera.

Dispone, como la máquina de simple expansión, de camisas de vapor.

Dado el tipo de construcción sólida de este motor, trabaja en el Laboratorio casi constantemente y sin riesgo alguno para la presión en el generador de 12 atmósferas, y con completa admisión en el cilindro de alta, sirviendo como reserva la máquina grande descrita.

La condensación se hace por medio de un condensador de superficie instalado en el sótano, procedente de la Maschinenfabrik Burckhardt, de Basilea. Las bombas de circulación y de aire reciben movimiento por balancín de un pequeño motor horizontal de distribución Rider y regulador de potencia sistema Weiss.

Esta máquina es de movimiento reversible, que se puede efectuar fácilmente durante su marcha, sin influir grandemente en el vacío del condensador. Sus principales características son: diámetro del émbolo del cilindro de vapor, 125 milímetros; carrera, 200 milímetros; diámetro del émbolo de la bomba de aire, 185 milímetros; carrera de la misma, 200 milímetros; número máximo de revoluciones por minuto, 250.

Igualmente hay instalada en la galería de motores una turbina Laval de 10 HP. El aparato ha sido suministrado por el propio inventor, y tiene la disposición normal que caracteriza á este género de motores. En marcha normal de 2.400 revoluciones por minuto. La polea de transmisión está reemplazada, para poder hacer los ensayos, por una polea de freno con refrigeración interior. Para estos ensayos se usa un simple freno de cinta, revestido de tacos de madera, y con él se consigue, á pesar del excesivo número de vueltas y la escasa masa volante, reducir aquéllas á menos de una vuelta por minuto, sin que deje de ser el movimiento del motor completamente uniforme.

Como instalación de condensación para esta turbina de vapor se dispone de un radio-condensador, regalado al Laboratorio por M. E. Mertz, de Basilea. El aparato funciona admirablemente y permite por observación de dos temperaturas y de la cantidad de agua que recibe por segundo, la cantidad de vapor que entra en la turbina.

Como aparatos frigoríficos hay instalada una máquina frigorífica de ácido carbónico de la Casa Escher Wyss. El compresor es de simple efecto y de maniobra por transmisión. Su diámetro es de 60 milímetros y su carrera de 100 milímetros. El número de vueltas que da por minuto varía de 100 á 120. La construcción difiere con ventaja de la de los tipos antiguamente usados, pues el condensador está dispuesto en el basamento del motor, sirviendo de apoyo el compresor, que es horizontal. Como hasta ahora la máquina frigorífica no se utiliza para fabricación de hielo, sólo se ha previsto un evaporador, en el que se mide, por medio de la condensación del vapor de agua, la cantidad de calor absorbido por el agua salada.

Este aparato tiene grandes aplicaciones en numerosos ensayos térmicos.

La instalación de gas está formada por gasógenos de una ca-

pacidad para 10 á 15 HP., que alimenta un motor de gas de 10 HP., de la Casa Escher Wyss, y otro de 5 HP., fabricado por la Casa Deutz.

Además de estos motores existe uno de petróleo de 5 HP., construido por la anterior Casa citada.

Los gasógenos han sido suministrados por la Schweiz Locomotiv Maschinenfabrik, y su disposición se ha previsto de manera que puedan producir, para ciertos ensayos, gas de agua ó gas puro de óxido de carbono.

El motor de gas de 10 HP. da 220 vueltas por minuto en marcha normal. El diámetro de su émbolo es de 210 milímetros y su carrera 320. El periodo de compresión puede variar entre límites muy amplios, alargando ó acortando la longitud de la biela por medio de piezas suplementarias en los cojinetes de la cabeza. Tiene un regulador tipo Letcombe, con distribuidor de mezcla variable.

El agua de refrigeración se toma separadamente para la camisa ó la culata del cilindro. En el escape está dispuesto un gran calorímetro de refrigeración para medir la temperatura de los gases expulsados, que varía de 10 á 15° C. Con esta disposición se puede formular un balance completo de las calorías producidas en el motor de gas.

A los dos motores de gas y al de petróleo se les ha aplicado un gran aerómetro con ventilador, para determinar la cantidad de aire aspirado.

Los frenos que se utilizan para medir en estos aparatos la potencia disponible en el árbol motor son de gran polea, con refrigeración interior, y dan excelente resultado.

Como el edificio del Laboratorio está situado en la falda de Zurichberg, se vió desde un principio la imposibilidad de obtener el agua subterránea suficiente para la condensación de las instalaciones de vapor, y, por tanto, se construyó un depósito de refrigeración, que se ejecutó á toda satisfacción por la Casa Klein, Schauzlin y Becker, de Frankenthal. El sistema de enfriamiento se obtiene por un ventilador centrífugo que consume unos 4 HP., lo que no representa gasto de consideración en el Laboratorio.

Las tuberías de vapor están instaladas de manera que cada una de las tres calderas puede alimentar cualquiera de los motores de vapor, proporcionando esta disposición gran facilidad para el servicio.

El principal aparato de medida es una balanza muy ingeniosa y sensible que pesa el vapor condensado.

La construcción de la torre, donde está alojado el depósito de alta presión, ha permitido instalar un gran manómetro de mercurio de gran altura, construido por la Casa Dreyer, Rosenkranz y Droop. La lectura directa es fácil, pues el tubo ascensional, colocado en el hueco de la escalera principal, es accesible en todos los pisos.

Separado por un tabique de la galería de calderas, hay instalado un pequeño taller de reparaciones, con dos pequeños tornos; un pulsómetro, una bomba Worthington, propia para hacer el mismo servicio que la del condensador de superficie y que puede, además, emplearse para la alimentación del depósito de agua.

SECCIÓN ELÉCTRICA

Como en el Instituto de Física de la Escuela Politécnica Federal hay un Laboratorio Electrotécnico, la Sección eléctrica del Laboratorio de Máquinas solamente se ha proyectado con el fin de hacer posibles los ensayos de las máquinas térmicas é hidráulicas instaladas, suministrándoles cargas fácilmente regulables, y

poder utilizar la energía producida durante los ensayos de los motores en el alumbrado eléctrico de los locales.

Como resultado de este criterio, las máquinas eléctricas se han tenido que acomodar á los motores instalados, y, por tanto, los tipos de las dinamos no se han podido prestar á dar variedad á esta enseñanza especial.

Los aparatos instalados son:

Una dinamo de corriente continua tipo Thury, de 110 HP., cuyo inducido está instalado en el árbol motor de la máquina de vapor horizontal de expansión triple, entre los cilindros de alta y media presión, y que desarrolla una tensión normal de 240 á 260 voltios.

Otra dinamo de corriente continua tipo Oerlikon, de 110 HP., con inducido en el árbol motor de la máquina de vapor vertical de doble expansión que desarrolla igual tensión que la anterior. Esta dinamo puede también producir corrientes mono y bifásica, para lo cual parten de los puntos convenientes de su arrollamiento conexiones que terminan en los anillos colectores.

Dado el número de revoluciones del motor de vapor, la frecuencia de las corrientes alternas es de veinticinco períodos. Pero se ha previsto que esta dinamo pueda girar á doble velocidad, desacoplándola de la citada máquina de vapor y alimentándola como motor sincrónico por la corriente urbana, que es de 50 períodos.

Un alternador trifásico, especialmente construido por la Casa Brown Boveri para utilizar los elementos disponibles de la instalación. Este alternador es de inducido fijo é inductor móvil exterior, con culata unida á los brazos del volante de la máquina de vapor horizontal de triple expansión. Su potencia es de 50 HP., la tensión normal por fase de 100 voltios y la frecuencia de 25 períodos.

Un motor asincrónico trifásico de la Casa Aliot de 50 HP., que por medio de un acoplamiento directo acciona la bomba centrífuga, tipo Sulzer, de alta presión.

La instalación eléctrica de alumbrado del laboratorio es de corriente continua y sistema trifilar, y para subdividir los 240 voltios á que se produce la corriente en dos circuitos á 120 voltios, hay un grupo de dos dinamos compensadores.

La instalación de alumbrado está constituida por 110 lámparas de arco y unas 400 de incandescencia, siendo la carga máxima de unos 70 kilovatios. Las lámparas de arco están instaladas, principalmente, en las salas de dibujo, mediante aparatos de iluminación indirecta por reflexión.

Existen dos cuadros de distribución. Uno destinado especialmente para las dinamos instaladas, baterías de acumuladores y salida de los circuitos de alimentación y otro especial para las prácticas de los alumnos que permite emplear enchufes y conductores flexibles para combinar los generadores, motores, aparatos de medida y resistencia para los ensayos.

En esta Sección se hacen ensayos de acoplamiento en paralelo de las dinamos de corriente continua y alterna; determinación de características de ambas clases de generadores; determinación de las distintas pérdidas sufridas en éstos y en los motores y estudio del grado de importancia de cada una; variación de la tensión y modo de regularla en los sistemas de distribución de corriente continua con dos y tres conductores, y funcionamiento del grupo compensador.

PRÁCTICAS DE LABORATORIO

Todos los laboratorios, establecidos en gran número y en constante desarrollo, contribuyen indirectamente ó de un modo directo á la enseñanza, verificándose en ellos numerosos y bien estudiados trabajos prácticos.

Así, el Laboratorio de Eusayos de materiales coopera, según antes se ha dicho, en la enseñanza técnica muy activamente.

El Ingeniero-Director, profesor Schüle, que consagra su superior inteligencia en aquel Centro á interesantes trabajos de investigación, es el profesor de los cursos de materiales de construcción y de tecnología de hierro de los semestres cuarto y quinto de la Escuela de Ingeniería civil, y dirige personalmente las prácticas de los alumnos, auxiliado por el personal á sus órdenes. Estas interesantes lecciones son de las pocas que se dan en el Politécnico en idioma francés.

En el local del Laboratorio hay un salón para las lecciones orales y otro para los trabajos gráficos, y todos los elementos de análisis, investigaciones y ensayos están á disposición de los alumnos, que en pequeños grupos, durante cuatro horas á la semana, realizan todas las funciones del personal auxiliar oficial.

Durante nuestra visita tuvimos ocasión de comprobar cómo estos alumnos intervenían en ensayos de resistencia de estructuras metálicas, bastidores tubulares para aeroplanos militares y postes de hormigón armado para transporte de energía eléctrica, y en los laboratorios químicos y en el gabinete de metalografía realizaban reconocimientos de materiales pétreos y metálicos de aplicaciones constructivas é industriales, á los que se da extraordinaria importancia.

Las prácticas de Laboratorio para los alumnos, aparte de las que se realizan en el de Eusayos de materiales, anteriormente citado, están constituidas por las que se efectúan para la Sección de Ingeniería mecánica en el edificio del Laboratorio de Electromecánica y en el Laboratorio electrotécnico del Instituto de Física.

En el local actual de la Escuela Politécnica existe sin instalar, por falta de sitio conveniente, interesante material para mediciones y prácticas hidráulicas, cedidos á la Escuela por la Comisión de los Servicios Hidráulicos federales de Berna. Se reduce esta instalación á un trozo de canal de sección y pendiente fija, donde podrán realizarse toda clase de aforos por vertedero, pantallas móviles y molinetes. Al terminar las obras de ampliación del edificio tendrá su sitio adecuado.

No hay instalación especial de canal móvil, en donde, á semejanza de lo que ocurre en algunas escuelas superiores de Ingeniería de Alemania, pudieran estudiarse los efectos de las turbias ó acarreos variables en los fondos y márgenes de los cauces, ni la influencia que los revestimientos de estas márgenes y la instalación de espigones pudiera ejercer en el régimen de aquéllos.

La instalación hidráulica para ensayos queda reducida al canal de desague de las turbinas, que hemos descrito en su lugar oportuno y á algunos pequeños trozos de canalizaciones formados de armazón metálica y placas de *eternita*, producto semejante á la *uralita*, que se fabrica en Barcelona, y donde se hacen algunos experimentos especiales de velocidades y de marcha de ondas.

Los alumnos de la Sección Mecánica asisten por grupos y con carácter obligatorio á una serie de ensayos y experimentos en las tres Secciones: Hidráulica, térmica y eléctrica, bajo la dirección de los profesores titulares de los cursos y de los auxiliares. Los temas son todos especialmente estudiados por las tardes, después de las lecciones orales, aunque el laboratorio está todo el día abierto á disposición de los alumnos, que pueden ampliar ó repetir en las horas hábiles los ensayos en estudio.

Entre los grupos de motores hay instaladas numerosas mesas de trabajo y encerados portátiles, donde se siguen en detalle todo proceso de cálculo, experimentación ó proyecto.

Aun en pleno periodo de vacaciones de Navidad hemos visto numerosos escolares desarrollando sus temas experimentales con gran interés (1).

(1) Tomados entre los más importantes de los ejercicios que comúnmente realizan los alumnos; á continuación indica la Memoria algunas de las Secciones, Hidráulica y Térmica, que han sido las especialmente estudiadas por los Sres. Machimbarrena y Cebada.

EXCURSIONES ESCOLARES

Forman parte de los planes de enseñanza de la Escuela Politécnica de Zurich variadísimas excursiones escolares, á la que se presta la intensa vida industrial de Suiza y la fácil, rápida y económica comunicación que existe entre todos los puntos de la nación, á pesar de su quebrado suelo. El mismo Zurich es un museo de ingeniería que puede ser visitado por los alumnos del Politécnico para hacer interesantes estudios en las muchas instalaciones de toda clase que contiene.

Los gastos que originan estas excursiones son costeados por los alumnos, sin que la Escuela les preste ninguna ayuda financiera. Sólo se ocupa, á lo sumo, de conseguir una pequeña reducción en las tarifas de los ferrocarriles federales, con lo que estos gastos vienen á sumarse al costo de los estudios de las carreras de Ingenieros en Suiza, anteriormente detallado.

Los temas generales de estas expediciones suelen ser los siguientes:

- a) Estudios y reconocimientos geológicos.
- b) Levantamiento de planos, nivelaciones, prácticas geodésicas y astronómicas.
- c) Aforos de corrientes naturales, canales, etc., y estudio del régimen hidráulico de las cuencas suizas.
- d) Estudios de los aprovechamientos industriales de las corrientes de agua. Visitas á los saltos de agua en instalación y construcción.
- e) Industrias de maquinaria hidráulica, eléctrica, locomotoras, turbinas de vapor, etc.
- f) Instalaciones de abastecimiento y saneamiento de poblaciones.
- g) Construcción, montajes y refuerzos de puentes metálicos.
- h) Ferrocarriles de vapor, eléctricos y funiculares.
- i) Rectificación de torrentes, encauzamientos de ríos.
- j) Explotación de ferrocarriles, protección, enclavamientos.
- k) Construcción de aparatos para ferrocarriles, cambios de vía, carretones, placas y puentes giratorios, etc.
- l) Construcción y montaje de aparatos de elevación y transporte.
- m) Construcciones de fábrica y de hormigón armado.
- n) Organización de trabajo en las grandes construcciones: canales, túneles, presas, etc.

* *

En nuestra Escuela de Caminos realizan los alumnos numerosas excursiones escolares por España en todos los cursos de la carrera, y en los *Anuarios* se da cuenta detallada de los trabajos y visitas que se hacen con este motivo.

Estos viajes se facilitan gracias al apoyo que generosamente suelen prestar las Compañías de transporte, especialmente la de ferrocarriles, que conceden billetes gratuitos, tanto á los alumnos como á los profesores, con lo que contribuyen de un modo eficaz y práctico á la enseñanza, y justo es rendir á dichas Compañías el tributo de alabanza y gratitud que merecen por semejante proceder.

Además, la Escuela tiene consignación en sus presupuestos anuales para pagar á sus profesores y alumnos los gastos materiales que estos viajes les ocasionen.

La mayor parte de estas excursiones se hacen aprovechando los períodos de vacaciones y dan excelentes resultados prácticos, por lo que conviene fomentarlas.

Costo del Laboratorio de máquinas de Zurich.

Por considerar de interés el presupuesto total y de detalle del edificio y de las instalaciones que componen el Laboratorio de Electromecánica del Politécnico de Zurich, á continuación incluimos, separadas por departamentos, las partidas que integran aquél, expresando con todo detalle, no sólo las unidades de los motores, sino también los aparatos auxiliares y de medición de que se dispone para los ensayos.

I.—Departamento térmico.

	Francos.
1. Máquina de vapor de triple expansión de 100 HP..	48.923,50
2. Idem id. Compound vertical de 100 HP.....	14.275
3. Idem id. de gran velocidad (donativo de la Casa Oerlikon).....	»
4. Turbina de vapor Laval de 10 HP.....	1.800
5. Radio condensador de vapor (donativo de M. Merz).	»
6. Máquina frigorífica de ácido carbónico con evaporador.....	5.750
7. Motor de gas con válvulas de 12 HP.....	6.000
8. Idem id. de 4 HP.....	2.000
9. Idem de petróleo de 4 HP.....	2.000
10. Bomba de aire para condensación accionada por máquina de vapor horizontal.....	5.070
11. Condensador de superficie de corriente inversa.....	3.765
12. Bomba centrífuga.....	830
13. Bomba doble de vapor tipo Worthington.....	2.270
14. Pulsómetro.....	310
15. Caldera de vapor Cornwall.....	11.310
16. Caldera de vapor pirotubular con recalentador Schwoerer y parrilla mecánica.....	17.980
17. Caldera de vapor acuotubular sistema J. A. Niclausse	14.145
18. Caldera de vapor vertical.....	2.805
19. Instalación generadora de gas, tipo Dowson.....	4.100
20. Bomba de alimentación de las calderas de vapor con transmisión de polea.....	1.265
21. Idem de id. Worthington.....	1.180
22. Dos inyectores tipo Restarting.....	137,50
23. Contador de agua, sistema Schmidt.....	645
24. Depósitos de agua para alimentación.....	1.870
25. Bomba de alimentación vertical con transmisión por excentrífico desde la máquina pequeña de vapor....	320
26. Refinador de aceite tipo Burdy.....	690
27. Torre de refrigeración por evaporación.....	3.530
28. Instalación de ensayos en lo alto de la chimenea.....	480
29. Tuberías de vapor, tuberías de agua de condensación con aparatos de medición, etc.....	31.785
30. Tuberías de agua.....	6.805
31. Tuberías de gas y agua para los motores.....	3.140

VALOR TOTAL DE LAS INSTALACIONES DEL DEPARTAMENTO TÉRMICO.....

149.681

II.—Departamento hidráulico.

1. Turbina de baja presión axial, con aparato de freno e instalación de regulación, rodetes móviles y distribuidores variables.....	13.885
2. Turbina de alta presión de 35 HP. para ruedas Loefel-Pelton, con regulación automática de velocidad y presión.....	6.150
3. Turbina de alta presión tipo Girard de 35 HP.....	2.050
4. Depósito de aire, regulador de presión.....	2.935
5. Bomba de émbolo de alta presión.....	16.050
6. Bomba centrífuga de alta presión.....	6.015
7. Idem id. de baja presión.....	6.120
8. Turbóbomba para presión de 9 atmósferas y rendimiento de 60 por 153 metros cúbicos.....	1.125
9. Turbóbomba para presión de 9 atmósferas y rendimiento de 120 por 310 metros cúbicos.....	1.725

	Francos.
10. Turbobomba para 9 atmósferas de presión y rendimiento de 180 por 465 metros cúbicos.....	2.510
11. Depósito para la turbina de baja presión.....	4.080
12. Depósito de agua de la torre.....	2.750
13. Tuberías y canales con instalaciones de vertederos y aliviaderos.....	25.890
VALOR TOTAL DEL DEPARTAMENTO HIDRÁULICO.....	91.285

III.—Departamento eléctrico.

	Francos.
1. Generador de corriente continua de 100 HP. acoplado á la máquina de vapor de triple expansión.....	10.285
2. Generador de corriente continua de 110 HP. con disposiciones para ser utilizado como generador en corriente alterna.....	12.190
3. Generador trifásico de corriente alterna de 50 HP. acoplado á la máquina de vapor de triple expansión...	7.575
4. Dínamo de dos colectores para división de tensión...	1.645
5. Divisor de tensión sistema Dobrovolsky.....	1.150
6. Motor asincrónico de inducción de 50 HP. de corriente trifásica.....	6.385
7. Regulador de tensión automática (donativo del ingeniero de Ginebra, M. H. Guénod).....	»
8. Dínamo pequeña de corriente continua (donativo del Director M. Hüber, de Oerlikon).....	»
9. Cuadro de distribución, con sus aparatos de interrupción, medición y regulación, así como las instalaciones del reductor de batería	17.265
10. Batería de acumuladores con 2 por 72 elementos.....	18.860
11. Conexiones entre máquinas, aparatos y cuadro de distribución.....	4.435
VALOR TOTAL DEL DEPARTAMENTO ELÉCTRICO.....	79.790

IV.—Transmisiones, grúas y varios.

	Francos.
1. Transmisión principal.....	14.970
2. Dinamómetro de presión de aceite para transmisiones	2.585
3. Acoplamiento Zodel para la máquina de vapor vertical	2.645
4. Transmisiones para los motores de gas y petróleo, así como para los talleres de reparación.....	2.503
5. Cables y correas de transmisión.....	2.208
6. Grúa corrediza eléctrica de 6 toneladas de potencia...	9.775
7. Grúa corrediza de 2 toneladas con maniobra de husillo	1.680
8. Grúa corrediza de 2 toneladas con maniobra de engranajes	1.975
9. Grúa corrediza de 2 toneladas.....	1.175
10. Diferencial de 3 toneladas	77
11. Torno con árbol de dirección.....	3.130
12. Torno pequeño, tipo inglés.....	640
13. Rueda de esmeril	130
Bastidores, escaleras y varios.....	6.860
VALOR TOTAL DE TRANSMISIONES, GRÚAS Y VARIOS.	50.403

V.—Instrumentos de medición, herramientas y análogos.

	Francos.
a) <i>Departamento térmico</i>	
1. Contadores para gas y aire, aparatos de medición de agua, instalaciones para determinación de permeabilidad en el cilindro de alta, tobera y turbina de vapor.....	3.729,25
2. Instalaciones para obtención de diagramas en las máquinas de vapor, gas, etc.....	624,75

	Francos.
3. Indicadores de presión, manómetro de mercurio, bomba de presión, bomba de vacío, calorímetro, planímetro, aparato para medir deformaciones pequeñas.....	3.782,80
4. Indicadores, llaves, registradores de diagramas.....	6.582,50
5. Tacómetros, tacógrafos, contadores de vueltas, tacómetro Bifluid, etc.....	1.010
6. Termómetros.....	150
7. Manómetros y vacuómetros.....	630
8. Báscula para carbón.....	800
9. Contador de agua de alimentación.....	577,80
10. Contador de agua sistema Schilder.....	1.330
TOTAL PARTE TÉRMICA.....	19.217,10

b) Departamento hidráulico.

	Francos.
1. Carretón de ensayos.....	430
2. Aparatos para medir la altura del agua.....	426,75
3. Molineo hidrométrico de Amsler-Laffon.....	720
4. Molineo de Ott de Kempten.....	201,40
5. Flotador con escalas de medición.....	330
6. Dinamómetro con muelle.....	155
7. Tubo de Pittot.....	365
8. Aparato para mediciones de ondas.....	2.628,15
9. Dinamómetro pendular.....	1.250
10. Aparatos para la obtención de diagramas para la bomba de émbolo.....	180
11. Indicadores.....	723,10
12. Tacómetros diversos y contadores de vueltas	594,55
13. Manómetros y vacuómetros.....	663,40
TOTAL PARTE HIDRÁULICA.....	7.641

c) Departamento eléctrico.

	Francos.
1. Verificador de aislamiento y comprobador de acumuladores.....	121,25
2. Voltímetro Weston con resistencias reductivas.....	382,50
3. Amperímetro calórico con schunts.....	311,25
4. Amperímetro de corriente continua con schunts.....	150
5. Voltímetro y amperímetro registrador combinado....	681,25
6. Galvanómetro universal de presión con schunts y accesorios.....	680,85
7. Vatímetro de precisión con resistencias reductoras...	461,25
8. Oscilómetro sistema Blondel.....	1.300
9. Contador de vueltas.....	31,25
TOTAL PARTE ELÉCTRICA.....	494,60

	Francos.
TOTAL DE INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN, HERRAMIENTAS, ETC.....	36.899

VI.—Fundaciones de máquinas.**Resumen de los gastos totales.**

	Francos.
I. Máquinas de departamento térmico	194.681
II. Idem id. hidráulico.....	91.285
III. Idem id. eléctrico	79.730
IV. Transmisiones, grúas y varios	50.408
V. Aparatos de medición, herramientas y varios.....	36.899
VI. Fundaciones	36.100
SUMA ..	489.098

	Francos.
A. Instalaciones de máquinas y sus cimientos.....	489.098
B. Gastos de construcción del edificio del Laboratorio, incluso carbonera y chimenea.....	174.100
C. Gastos de construcción del edificio de clases, incluso valor del terreno, cercado del patio, instalaciones.....	649.462

	Francos.
COSTO TOTAL DE LAS INSTALACIONES, CONSTRUCCIONES Y EDIFICACIONES COMPLETAS ..	1.312.660

