UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA

Repositorio Digital USM **https://repositorio.usm.cl**

Sistema de Bibliotecas USM Revista Scientia

1954

Scientia: Labor Improbus Omnia Vincit

XXI 1

Universidad Técnica Federico Santa María

Universidad Técnica Federico Santa María.Valparaíso.Chile

https://hdl.handle.net/11673/46942

Repositorio Digital USM, UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA

Fraught

SCIENTIA

Año XXI. 93 1954 Núm. 1

REVISTA DE TECNICA Y CULTURA

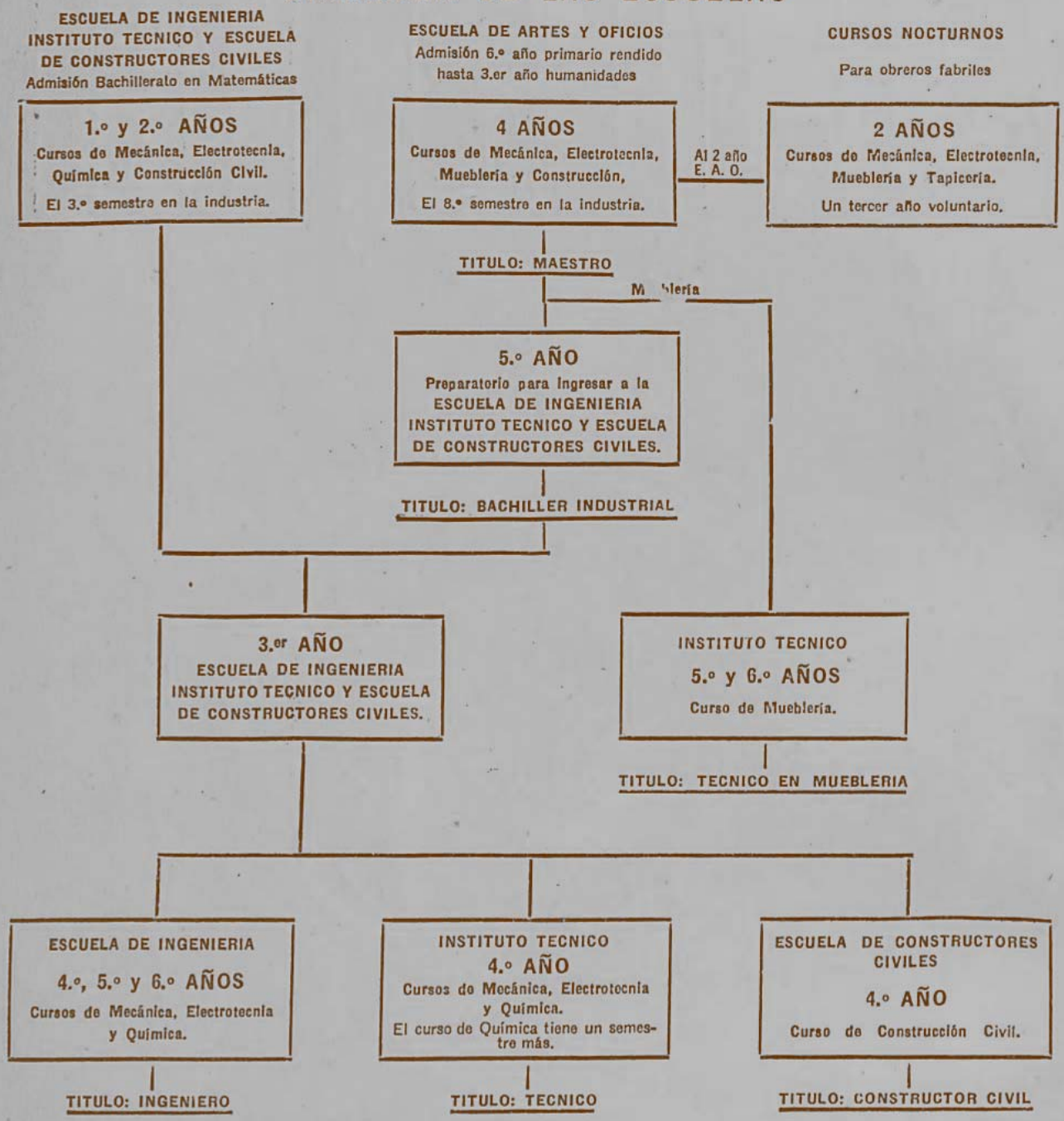
ORGANO DE LA ESCUELA DE ARTES Y OFICIOS, INSTITUTO TECNICO Y COLEGIO DE INGENIEROS

"JOSE MIGUEL CARRERA"

UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA

UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA

DIAGRAMA DE LAS ESCUELAS



CONDICIONES DE INGRESO

Escuela de Artes y Oficios:

a) No tener menos de 13 años ni más de 16 al 1.° de Marzo del año de ingreso;
b) Haber terminado con éxito el 6.° año de Escuela Primaria o alguno de los dos primeros años de Humanidades;
c) Someterse al examen del médico de la Institución;
d) Presentar el certificado de nacimiento y el último certificado de exámenes, con las notas de cada ramo;
e) Someterse a un examen de aptitudes y de conocimientos en esta Universidad;

Los alumnos que estén cursando el 6.° año deberán presentar el certificado de exámenes del 5.°, sin perjuicio de presentar el del 6.° antes del 15 de marzo del año de ingreso.

Escuela de Ingeniería, Escuela de Constructores Civiles e Instituto Técnico:

a) Presentar el título de Bachiller en Matemáticas;
b) Rendir un examen de aptitudes y de conocimientos, en este último el examen de Matemáticas comprenderá la materia de Humanidades;
c) Someterse al examen del Médico de la Institución;

Los alumnos que estén cursando el 6.° año de Humanidades deberán traer el certificado de exámenes del 5.° año, sin perjuicio de presentar el diploma de bachiller, antes del 15 de marzo del año de ingreso.

Cursos Nocturnos:

a) No tener menos de 18 ni más de 30 años el 1.° de Marzo del año de ingreso;
b) Saber leer y escribir y las cuatro operaciones de Aritmética;
c) Presentar testimonio, en lo posible de haber trabajado dos años en la industria;
d) Someterse a un examen de conocimientos.

SCIENTIA

REVISTA TRIMESTRAL DE TECNICA Y CULTURA

ORGANO DE LA ESCUELA DE ARTES Y OFICIOS Y COLEGIO DE INGENIEROS

« JOSE MIGUEL CARRERA »

DE LA

UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA

TESTAMENTO

Deseo ante todo expresar a mis conciudadanos que los últimos treinta años de mi vida los consagré exclusivamente al altruísmo, y al efecto hice mi primer testamento en 1894, legando a la ciudad de Valparaíso una Universidad, pero en el transcurso del tiempo la experiencia me demostró que aquello era un error y que era de importancia capital levantar al proletario de mi Patria, concibiendo un plan por el cual contribuyo primeramente con mi óbolo a la infancia, en segundo lugar a la Escuela Primaria, de allí a la Escuela de Artes y Oficios y por último al Colegio de Ingenieros, poniendo al alcance del desvalido meritorio, llegar al más alto grado del saber humano; es el deber de las clases pudientes contribuir al desarrollo intelectual del proletario. Tanto la Escuela de Artes y Oficios como el Colegio de Ingenieros y toda otra institución que pudiera crearse más tarde, deben agregar a su título el nombre de José Miguel Carrera, en homenaje al gran patriota que dió el primer grito de independencia en Chile y como enseñanza a los alumnos que ante todo se deben a su patria.

FEDERICO SANTA MARIA C.

Paris, Enero cinco de mil novecientos veinte.

SCIENTIA

LABOR IMPROBUS OMNIA VINCIT

Organo de las Escuelas de la
"Universidad Técnica Federico Santa María"

Año XXI | Valparaíso, Marzo de 1954 | Núm. 1

SUMARIO

Pág.			
1	**Fragmento del testamento.**		
2	**Sumario.**		
* 3	**Notas universitarias.**	No existe un instrumento más poderoso de bienestar social que la educación.	Cereceda.
* 6	**Notas universitarias.**	Los verdaderos estudiantes son por principio idealistas.	Raab.
* 7	**Servicios eléctricos.**	Modernas instalaciones eléctricas en establecimientos industriales.	Sittig.
*18	**Alimentación.**	Algunas ideas sobre alimentación.	Cereceda.
o24	**Novedades técnicas.**	Poderoso cristal.	
*25	**Fuerza motriz.**	Sobre las posibilidades de aprovechar la energía geotérmica en Chile.	Hirschmann.
*44	**Mediciones.**	La teoría del planímetro y de un integrímetro.	Finster.
o53	**Termotecnia.**	Secadores a chorro.	Kröll.

Los artículos marcados con (*) son originales y publicados por primera vez, los con (o) son traducidos, los con (□) son tomados de otra publicación.

La Dirección de SCIENTIA permite la reproducción de los artículos o los resúmenes de ellos, siempre que en ambos casos se mencionen la Revista y el nombre del autor.

Redacción y Administración de la Revista SCIENTIA: Valparaíso, Casilla 110-V.
Rector de la Universidad Técnica Federico Santa María: Don Francisco Cereceda.
Director Técnico de la Revista: Julio Hirschmann R., Vice-Rector.

PRECIO DEL EJEMPLAR $ 50.—

Notas Universitarias

"No existe un Instrumento más Poderoso de Bienestar Social que la Educación"

Por Francisco Cereceda, Rector de la Universidad Técnica F. Santa María.

El Rector da cuenta de la marcha de la Universidad durante el año escolar de 1953 y de la ayuda recibida del S. Gobierno con la cual se ha podido reanudar el desarrollo de todos los elementos vitales que estaban paralizados por la situación económica; de la validez de los títulos de las universidades particulares y la eliminación de cualquiera duda sobre la equivalencia de los títulos de las universidades chilenas; también comunica que la Universidad asistió como asociada y tomó parte en las deliberaciones y acuerdos del Congreso de Universidades Latinoamericanas celebrado recientemente en Santiago y espera que como hasta ahora el Estado, consciente de sus deberes para con las generaciones venideras, ayudará liberalmente a las universidades para desarrollar sus labores.

"Como en años anteriores paso a daros cuenta de la marcha de la Universidad en el año que termina. De un modo general puedo deciros que ella ha sido normal, ha habido interés de parte de profesores y disciplina y aprovechamiento en el alumnado, como lo prueba el pequeño número de eliminaciones que se hicieron en la última calificación. Este año han terminado sus estudios 31 maestros, 20 técnicos y 19 ingenieros; con lo cual las cifras totales de profesionales preparados por la Universidad desde su fundación asciende a 613 maestros, 252 técnicos y 206 ingenieros, que trabajan en las diversas industrias del país y propenden eficientemente al aumento de su producción.

En noviembre ppdo. se realizaron los concursos de admisión de alumnos para 1954, en esta ciudad, en Temuco y Osorno. El número de alumnos que se presentó fué superior en 14% al del año anterior; de ellos 200 provienen del 6.° año de humanidades, o sea, serán futuros bachilleres. Como es sabido, la Escuela de Ingeniería de nuestra Universidad no puede absorber sino 30 a 35 alumnos; sentimos no poder tomar un mayor número, pero no dudamos de que los demás encontrarán cabida y podrán realizar sus aspiraciones en otras Universidades del país. Algo análogo ocurre en nuestra Escuela de Artes y Oficios, que no puede recibir más de 70 a 80 alumnos nuevos todos los años. Estas cifras están en realidad de acuerdo con las ideas del fundador don Federico Santa María, y del realizador de sus propósitos, don Agustín Edwards, que buscaban el progreso de la enseñanza técnica, con verdadera comprensión del problema, no en el número, sino en la calidad de sus alumnos.

En años anteriores me he permitido informaros sobre nuestra situación financiera, asunto de importancia vital para la Universidad y para todos los que se interesan por ella; ahora tengo que deciros que no ha cambiado apreciablemente, pues si bien el valor nominal de sus inversiones ha subido, no ocurre lo mismo con sus rentas, las cuales se mantienen a un nivel inferior a los gastos de funcionamiento y desarrollo. Ocurre a nuestra Universidad algo semejante a las demás Universidades del mundo; no hay país alguno en que las Universidades y en general las instituciones de índole similar hayan podido escapar a este fenómeno, unas en mayor, otras en menor grado. Países hay como Inglaterra donde las Universidades habrían tenido que cerrar sus puertas, si no hubiera sido por la ayuda liberal del Estado, que llega a costear, según declaraciones del prof. Humphreys, vicecanciller de la Universidad de Birmingham, que asistió como observador al reciente Congreso de Universidades Latinoamericanas, el 90% de sus presupuestos, sin contar con aportes extraordinarios cuando se trata de ampliaciones de edificios y laboratorios. En nuestro país, donde la inflación es fuerte, las consecuencias son muy serias; afortunadamente hemos recibido y apreciamos en todo lo que vale la ayuda que nos ha estado dispensando el S. Gobierno.

Gracias a esa ayuda hemos podido reanudar el desarrollo de esos elementos vitales de toda Universidad técnica: bibliotecas, talleres y laboratorios que estaban paralizados desde hace algunos años en espera de un cambio favorable de la situación económica. Hemos trasladado nuestra biblioteca a un nuevo local, que sin ser definitivo, dará más comodidad a nuestros alumnos y al público y permitirá el almacenamiento adecuado de libros y revistas;

y hemos construído un nuevo pabellón de física y adquirido los instrumentos que requiere la enseñanza moderna de este ramo, sin dejar por esto de incrementar con nuevas máquinas los talleres y laboratorios de mecánica y electricidad.

En este mismo orden de actividades, proyectamos la ampliación del Laboratorio de Química, para lo cual contamos con los edificios necesarios; en cuanto a los instrumentos y artefactos requeridos, esta materia ha sido ya estudiada por la Facultad de Química y aprobada por el Consejo, después de la visita que a diversas Universidades norteamericanas practicó el Rector que habla, a mediados del presente año.

Deseamos dar a la ingeniería química toda la importancia que merece, pues, aunque en el campo de la técnica todos los ramos son importantes —en especial la mecánica y la electricidad— ninguno quizás lo es más que la química. El campo de esta asignatura es prácticamente ilimitado: es la ciencia sin fronteras que llamó Vannevar Bush, el sabio norteamericano. El número de productos que ella permite obtener es considerable; abarca, se puede decir, toda la industria y puede satisfacer casi todas las necesidades humanas. Y para nosotros los chilenos, es más importante que cualquiera otra ciencia, pues es la que nos permitirá explotar en forma eficiente nuestros bienes naturales.

Si se estudia la situación de nuestro país en un futuro próximo, digamos en 50 años más, cifra que podrá parecer elevada si se refiere a la vida humana; pero que es insignificante si se relaciona con la vida del país, se llega a la conclusión de que en aquella época, parte de nuestros recursos mineros actuales, que hoy desempeñan un papel preponderante en nuestra economía habrá desaparecido; y si no nos hemos preocupado de ampliar y diversificar nuestra producción, tendremos una población numerosa, luchando penosamente por mantener su existencia, en la angosta faja de tierra en que vivimos. Digo una población numerosa, porque como es sabido, nuestra población tiene un crecimiento vegetativo considerable; según la Estadística del año 52, la población creció en unos 150 mil habitantes, lo que significa un aumento de un millón en unos 6 a 7 años. Ahora bien, todos sabemos que nuestra producción, especialmente la agrícola, no está en condiciones de soportar nuestras necesidades, ya que es necesario importar trigo, carne, materias, grasas, etc. Y si esto ocurre actualmente, puede imaginarse cuál será la situación si cada 6 a 7 años tenemos que alimentar 1 millón de bocas más sin hablar de la contingencia desfavorable, que podrá sumarse, de una menor exportación de productos mineros.

Se dirá que la producción agrícola es susceptible de aumento. No puede esto ponerse en duda; puede aumentar si se aplica al campo chileno una inyección fuerte de capitales. El eminente agrónomo norteamericano, señor De Vries, en su reciente informe sobre nuestra agricultura, manifestó con toda la autoridad de su experiencia que la producción agrícola de Chile podría aumentarse, siempre que el agricultor dispusiera de capitales en cantidad mucho mayor que hoy, y siempre que además, se modernizaran las vías de comunicación y se mejoraran las condiciones de vida del campo, lo que también significa empleo de mayor capital.

Suponiendo que pudiéramos obtener los capitales, y con esto aumentar la producción agrícola, habríamos resuelto el problema de la alimentación; pero esto no basta. Necesitamos además casas habitación, escuelas, vestuario y todos los elementos de la vida civilizada, y aquí el problema se complica, porque la producción industrial, comenzando por la energía, ya que no la hay suficiente en el país, necesita recurrir a la importación, y para poder importar algo, hay que exportar mercaderías por un valor equivalente. Y es aquí donde interviene la ingeniería química, dándole la mano a la agricultura, a fin de contribuir a explotar sus bosques artificiales, para cuyo desarrollo el país se presta admirablemente. El número de productos que pueden obtenerse de ellos es casi ilimitado; comestibles, materiales de construcción, celulosa, rayón, papel de todas clases, alimento para el ganado e indirectamente para el hombre, etc., muchos de los cuales son artículos de exportación, por los cuales hay demanda, y fuerte en muchos países del mundo. El salitre, el cobre, el fierro, el carbón, el petróleo, son bienes perecederos; desaparecen sin dejar huellas. En cambio, la madera es una fuente de riqueza permanente, porque depende para su producción del suelo y del clima que nos son favorables.

Pero no basta contar con el suelo y el clima. Hay que saber además, cuáles son las especies forestales más adecuadas, y cómo deben plantarse y cómo deben defenderse de las enfermedades que las acechan y de los incendios que las destruyen, y para esto es necesario disponer de técnicos agrícolas, capaces de realizar una buena forestación, y de técnicos químicos, preparados para su explotación y aprovechamiento más eficiente. Y estos técnicos se forman en las Universidades, y de aquí la importancia que damos a este ramo, la química.

En materia de plantaciones debemos reconocer que se ha hecho mucho en el país, y se continúa haciendo, principalmente en la zona de Concepción y provincias vecinas; pero también hay que reconocer que por falta de conocimientos se han cometido errores de consideración. También tenemos que reconocer que en materia de estudio e investigación de las maderas chilenas se ha hecho un esfuerzo laudable por diversas instituciones como ha quedado en evidencia en el reciente Congreso Maderero de Concepción, congreso cuyas conclusiones son de la mayor importancia para el porvenir de la industria del bosque en Chile. Pero lo que queda por hacer es mucho, y si la madera va a convertirse en un importante rubro económico, tenemos que prepararnos para sacar todo el provecho posible de su explotación como lo hacen otros países: Suecia, Estados Unidos, Canadá, etc.

En Suecia, país pequeño y en cierto modo semejante al nuestro —población, 7 millones— la industria de la madera tiene un desarrollo considerable; pero hay que hacer notar que ella, que ha permitido a Suecia obtener un alto standard de vida, no ha salido como Minerva, armada de punta en blanco, de la cabeza de Júpiter; se ha conseguido mediante un largo y tenaz trabajo de investigación científica y tecnológica, y para esto ha sido necesario montar grandes laboratorios de química y dotarlos de los más modernos medios de investigación, bajo la dirección de los hombres de ciencia más capaces de las Universidades suecas. De aquí la importancia que damos nosotros a esta cátedra, destinada a formar los investigadores que requiere la industria; pero para que estos esfuerzos puedan rendir todos sus frutos, es necesario que la opinión se compenetre de este hecho; una Universidad Técnica necesita para su funcionamiento de elementos costosos, como son las bibliotecas, los talleres y laboratorios, y necesita además mantenerse al día, ampliando aquellos elementos de acuerdo con el ritmo fuertemente acelerado de la técnica moderna, y en este tiempo de dificultades financieras y económicas no pueden las Universidades chilenas —ni tampoco la gran mayoría de las Universidades del mundo— sufragar aquellos gastos con sus propios medios. No se trata aquí de intereses particulares; se trata del interés general del país, de su interés vital; o aprovechamos racionalmente, mediante el estudio y la investigación científica nuestros recursos naturales o decaemos en el conjunto de las naciones civilizadas. ¡Y qué triste sería esto; descender a un estado de miseria material y moral, cuando este rincón de la tierra, nuestro rincón, dotado de un clima admirable, de espléndidas bellezas naturales, de condiciones extraordinarias para la industria del bosque, poblado por una raza seria podría ser el jardín del mundo!

En materia de validez de los títulos de las Universidades particulares, que fué motivo de preocupación en años anteriores, tanto para nuestros alumnos como para sus familias, puedo deciros que el tema está prácticamente agotado. Las últimas leyes que se han dictado, y en especial la 10.259, que creó la Universidad Técnica del Estado, y el D. F. L. 422, de agosto último, dictado por el Excmo. señor Carlos Ibáñez del Campo, eliminan cualquiera duda que pueda suscitarse sobre la equivalencia de los títulos de las Universidades chilenas, tanto estatales como particulares. Sus disposiciones facilitarán grandemente la creación del Colegio de Ingenieros y de Técnicos, aspiración sentida desde largos años por estos profesionales, pero que no había podido materializarse, precisamente por las dudas que existían sobre el valor relativo de los títulos, dudas que, como he dicho, han quedado definitivamente eliminadas.

A mayor abundamiento, debo informaros que en el Congreso de Universidades Latinoamericanas que acaba de celebrarse en Santiago, y al cual la Universidad Santa María asistió en calidad de asociada, quedó consagrada en las bases de la unión la resolución unánime de sus delegados de "respetar el principio de su igualdad absoluta, sin que puedan por lo tanto, acordar entre ellas preeminencias o establecer calificaciones de ninguna especie".

Igualmente quedó consagrada en esas bases la plena autonomía de todas las Universidades Latinoamericanas y los principios de libertad de cátedra y de investigación.

Sobre el fundamento de estos principios, que atañen a la vida misma de las Universidades, y en especial de las Universidades particulares, como la Universidad Santa María, podrán las Universidades chilenas continuar su labor de formación de profesionales de todas las ramas de las actividades sociales, y de investigadores científicos para la explotación de sus recursos naturales; y constituir, de este modo, la herramienta más eficaz del progreso espiritual y material de nuestro país".

No existe ni ha existido nunca un instrumento más poderoso de bienestar social, que la educación. Inglaterra atraviesa por circunstancias económicas difíciles, derivadas de la guerra y otros factores; pues bien, Inglaterra no se desanima; por el contrario, se yergue resueltamente, se dispone a afrontar las nuevas condiciones a que la somete el destino, y lo hace mediante la educación, elevando a 18 años la edad escolar y costeando el 90% de

los gastos de sus Universidades, sin intervenir por esto en la autonomía de estas instituciones. Así espera salir Inglaterra de sus aflicciones, que no deben ser pocas, si se piensa que en un territorio que sólo es la tercera parte del nuestro, viven 50 millones de seres humanos.

Confiamos sinceramente en que el Estado, consciente de sus deberes para con las generaciones venideras, ayudará liberalmente a las Universidades a desarrollar sus labores. Y en especial confiamos en S. E. el Presidente de la República, a quien hemos conocido siempre preocupado de la educación, y que en su reciente discurso en la Asamblea de Rectores de Liceos, atribuyó "a la enseñanza, en esta hora de profunda crisis de todo orden, la misión trascendental de llenar los dramáticos déficits materiales y morales de Chile".

LOS VERDADEROS ESTUDIANTES SON POR PRINCIPIO IDEALISTAS

Discurso pronunciado por el estudiante egresado de ingeniería mecánica Santiago Raab Camalez con motivo de la Ceremonia de clausura del año escolar y distribución de premios.

Debo empezar agradeciendo a nuestros padres y a nuestros profesores que nos han acompañado hasta hoy, a la sociedad en general, porque con su sacrificio, su abnegación y su trabajo, ha sido posible nuestra preparación como futuros maestros, técnicos e ingenieros.

Tengo que decir algunas palabras de despedida en nombre de mis compañeros y del mío propio y para ello he pensado hablar sobre nuestra vida en la Universidad, sobre los estudiantes, sus inquietudes y sus aspiraciones. Ellas van, pues, dirigidas a ellos, a los amigos que continúan en la Universidad, en esta Universidad que dejamos hoy para lanzarnos en otro mundo en busca de nuevos derroteros y de nuevas empresas.

Los verdaderos estudiantes son por principio idealistas. Ellos mantienen viva la tradición del Caballero de los molinos de viento y la esparcen por el mundo con su entusiasmo y su propia personalidad.

No se es estudiante para acumular conocimientos claros y precisos ni para conseguir un título que nos permita vivir cómodamente y sin preocupaciones.

Se es estudiante para VER las cosas con un cristal absolutamente limpio, para COMPRENDER la vida desde un punto de vista infinitamente más noble, donde los intereses personales se confunden con las necesidades de nuestros vecinos y para CREAR como verdaderos artistas, como verdaderos hombres.

Se es estudiante en la medida que se adquiera conciencia de estas obligaciones presentes y futuras.

Lo importante en la vida de un estudiante es entregarse sin egoísmos de ninguna especie, a la Universidad, porque los estudiantes forman la Universidad y ella representa estrictamente lo que somos.

No se trata de pasar por sus Aulas como una plaga de insectos devoradores que succionan su sangre. Lo que un estudiante debe hacer es dejar en la Universidad sus mejores frutos y sus mayores sacrificios. Sólo entonces podremos decir que hemos vivido como verdaderos estudiantes y pensar que hemos hecho algo por la Universidad.

Nuestra escasez de medios materiales no es un motivo para frenar nuestro entusiasmo e iniciativa, porque para compensar esta clase de dificultades, Dios nos ha brindado un caudal inagotable de ideas, una fe inquebrantable en nuestro destino y un entusiasmo creador que yo no cambiaría por nada del mundo.

Para terminar quiero exhortar a nuestros compañeros que permanecen aquí en el trabajo, en el sentido de responsabilidad y en la defensa de sus ideales de vida.

Quiero expresar también que nosotros, los que egresamos hoy, trataremos de permanecer "estudiantes" en cuerpo y alma hasta el fin de nuestros días, porque sólo de ello depende el logro de esos ideales de vida que forjamos con nuestro esfuerzo durante este tiempo que termina ahora.

A todos ustedes deseamos éxito en vuestros estudios y coraje.

Servicios eléctricos

MODERNAS INSTALACIONES ELECTRICAS EN ESTABLECIMIENTOS INDUSTRIALES

Por Conrado Sittig, Ingeniero Consultor.

El autor de este artículo hace un acabado estudio de las necesidades que hay que tomar en cuenta en las instalaciones eléctricas modernas en establecimientos industriales para evitar fallas de consideración o cortocircuitos, etc. y que conviene diseñar cada instalación esquemáticamente como si ella se compusiera de varios circuitos, que estén suficientemente protegidos contra desperfectos en su funcionamiento normal, incluso sobrecargas, y las diferentes figuras del trabajo van indicando claramente los diversos procesos hasta llegar a instalaciones de máxima seguridad en el servicio.

EL conjunto de aparatos, conductores y dispositivos de protección desde el empalme de la fuente de energía hasta las máquinas y aparatos de consumo de esta energía lo llamamos instalación eléctrica.

El costo de su adquisición y montaje es generalmente muy pequeño en comparación al valor total del equipo industrial. Sin embargo, un desperfecto en ella significa la paralización total de las faenas con subidas pérdidas materiales, hasta con consecuencias funestas para la vida y salud del personal.

Este hecho incontestable está considerado por las autoridades y por la ingeniería que se dedica a la producción y aplicación de los elementos componentes de las instalaciones eléctricas, las primeras reglamentando la selección del material y su colocación, y la segunda mejorando los materiales en uso, inventando y fabricando siempre nuevos aparatos y materiales, más seguros, más durables y más sencillos en su empleo.

Desgraciadamente, una gran parte de los industriales prefieren un pequeño ahorro en los primeros costos de adquisición para pagar más tarde con creces la disminución de producción y los accidentes ocasionados por fallas de la instalación fácilmente evitables mediante un diseño correcto y un montaje concienzudo.

Desde el comienzo de su aplicación se ha considerado que las instalaciones eléctricas cumplan con las tres exigencias siguientes:

1) que todas sus partes estén adecuadas para resistir mecánica y eléctricamente las cargas que el servicio exige;

2) que su calentamiento no exceda a lo que corresponde al material en uso;

3) que a las máquinas o aparatos consumidores de energía llegue el voltaje prescrito.

En los últimos tiempos la experiencia ha demostrado que es necesario agregar una cuarta exigencia: que la instalación y todas sus partes deben estar en condiciones de resistir las consecuencias de un cortocircuito.

El aumento de potencia de las centrales generadoras de energía eléctrica y el acoplamiento de varias de ellas en una sola red motiva una acumulación enorme de energía, disponible en cada lugar de su red de distribución y que está pronta para desencadenarse sobre cualquier punto débil del sistema. Tales puntos pueden originarse en cualquiera parte de la instalación por fallas de la aislación entre conductores o entre éstos y tierra. Se forma entonces un circuito irregular de corriente con muy pequeña resistencia interna y, luego, gran intensidad de corriente, el cortocircuito. La intensidad de la corriente puede alcanzar tan grandes proporciones que sus efectos calóricos y mecánicos se parecen a una verdadera explosión, ocasionando graves daños que no pueden repararse con sencillos medios y motivan, por consiguiente, una paralización prolongada de la producción industrial, sin mencionar el serio peligro para la salud del personal.

Es importantísimo darse cuenta que la intensidad del cortocircuito no depende del tamaño de la instalación afectada, sino de la red alimentadora y de las resistencias que encuentra en su recorrido, de manera que también en una planta que normalmente consume sólo poca energía pueden producirse cortocircuitos de miles de amperes de intensidad.

Todas las partes de una instalación deben, pues, diseñarse para resistir a los efectos de un posible cortocircuito y, además, hay que prever medios para evitar en lo posible su producción o, a lo menos, limitar su intensidad.

A) Intensidad del Cortocircuito.

No es el objeto de este trabajo dar a conocer el modo general y preciso de calcular la intensidad de la corriente de cortocircuito, cosa bien conocida y muchas veces publicada, sino de proporcionar valores aproximados para los casos corrientes en instalaciones industriales, para que los técnicos no especializados en esta materia puedan formarse una idea sobre la seguridad de sus faenas en este aspecto.

Sin embargo, hay que mencionar brevemente y en forma muy simplificada que la corriente de cc. puede considerarse como compuesta de dos partes: la corriente de cortocircuito momentánea (I_{ccm}) en lo sucesivo y la duradera (I_{cc}). Esta última se calcula según la ley de Ohm para corriente alterna, tomando en cuenta la tensión que existe en el empalme de la energía y todas las resistencias que forman su circuito. La corriente momentánea que está motivada por las alteraciones eléctricas en el circuito en el momento cuando se produce el cortocircuito puede alcanzar el valor $I_{ccm} = I_{cc} \cdot f \cdot \sqrt{2}$; siendo f un factor que disminuye de un máximo de 1,8 hasta que $f \cdot \sqrt{2}$ se reduce a la unidad, de manera que I_{ccm} se convierte en I_{cc}, amortiguación que se efectúa en un lapso de pocos ciclos de la frecuencia de la corriente alterna del sistema, es decir, en muy poco tiempo.

El abastecimiento de las industrias con energía eléctrica se efectúa o por una planta generadora propia o, más comúnmente, desde una red de una empresa eléctrica mediante uno o más transformadores.

En el caso de una planta propia la duración de un cortocircuito en la instalación es forzosamente corta, porque los relais o seguros fusibles del tablero general lo desconectan dentro de muy corto tiempo. Su intensidad puede calcularse aproximadamente según la ecuación: $I_{ccm} = \dfrac{1{,}1 \cdot N}{e_s \cdot U \cdot \sqrt{3}}$ siendo N la potencia del generador en kVA, U su tensión y e_s la tensión reactiva de su estator en por cientos y que puede suponerse para la mayoría de los casos en 12 a 15%.

Para instalaciones alimentadas a través de transformadores la intensidad de la corriente de cc. se calcula similarmente: $I_{cc} = \dfrac{N}{e \cdot U \cdot \sqrt{3}}$ y $I_{ccm} = I_{cc} \cdot f \cdot \sqrt{2}$ siendo e la tensión de cortocircuito del transformador en por cientos que en general, es de 5 a 6%.

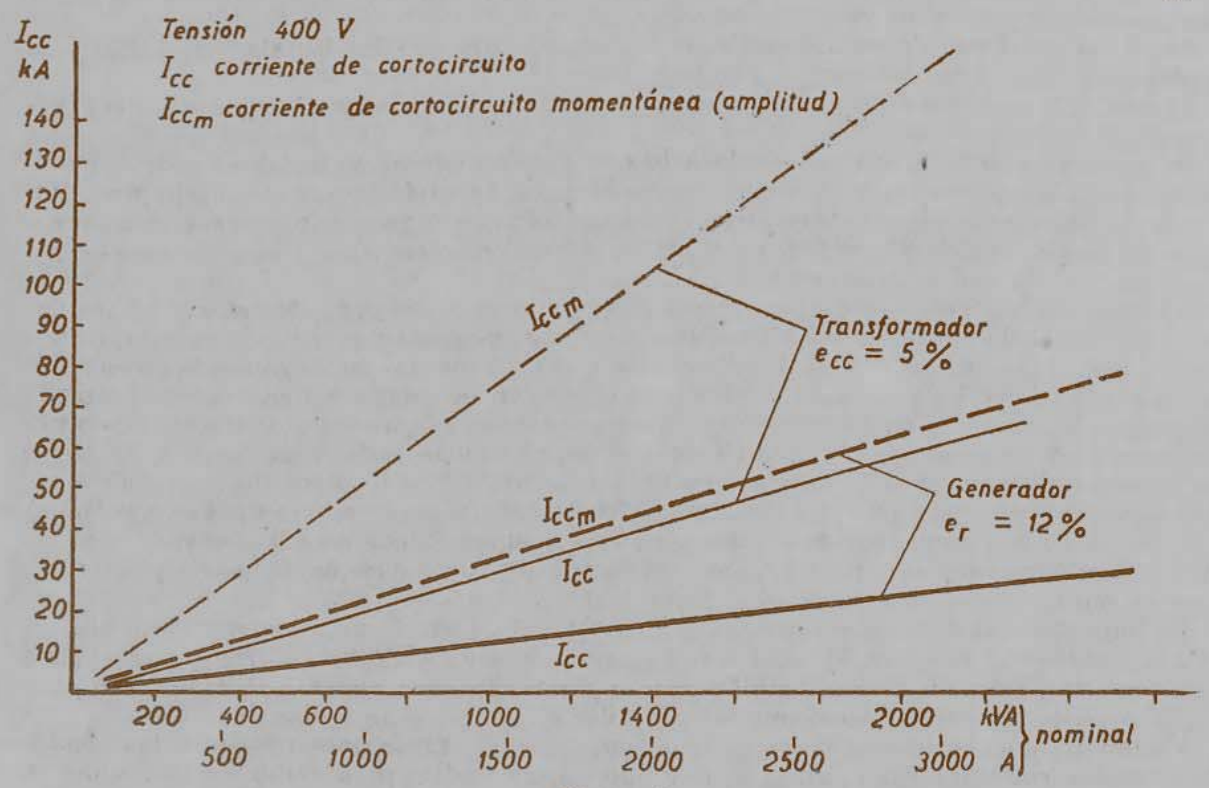


Figura 1

Las rectas de la fig. 1 demuestran la relación entre la intensidad de la corriente de cc. y la potencia nominal del generador y transformador respectivamente, suponiendo una baja tensión de la instalación de 400 Volt en vacío.

El valor que puede alcanzar la corriente de cc. es, pues, 8 a 20 veces la intensidad de la corriente normal. Se nota que se llega a intensidades de 50.000 amp. (50 kA) con potencias que hoy pueden considerarse como medianas en el empalme.

En realidad, estos valores se obtendrán sólo en el caso de un cortocircuito en los bornes mismos del generador. En todos los demás casos se reducen por varios motivos:

1) La tensión de la red primaria, tratándose de un abastecimiento mediante transformadores, no es rígida, sino que disminuye mientras se está formando el cortocircuito. Esta reducción de la tensión alta depende de las propiedades de esta red, su potencia, el largo y la sección de las líneas de alimentación, etc., pero para tomar un valor aproximado la experiencia aconseja suponer una disminución de la tensión primaria expresada por un factor f_1 no menor de 0,75.

2) Entre generadores y transformadores respectivamente y las barras colectoras de baja tensión del tablero general hay siempre unos cuantos metros de conductores que también reducen la intensidad de la corriente de cc. Su influencia puede tomarse en cuenta mediante otro factor f_2 que, para una distancia de m/m 10 m puede estimarse en 0,95, disminuyéndose este valor con el mayor largo de las líneas.

3) Las barras colectoras de b. t. mismas ejercen otra amortiguación en relación a su largo y sección. Para 10 m de largo y una potencia de 1.000 kVA resulta un coeficiente f_3 de 0,85, para igual largo y 500 kVA de 0,95, más o menos.

4) Las uniones, contactos, inductividades de transformadores de medición y otros factores similares aumentan la resistencia del circuito y así reducen la intensidad de la corriente de cc. la que podemos resumir en otro factor f_4 que varía con el número de contactos, etc., entre 0,95 a 0,8.

Mediante estos coeficientes $f_1 \ldots f_4$ resulta, en fin, una corriente de cc. reducida $I_{ccred.} = f_1 \cdot f_2 \cdot f_3 \cdot f_4 \cdot I_{cc}$ que nos indica, a groso modo, la intensidad de corriente de cc. que se producirá en caso de una falla en la instalación y que deben resistir durante cierto tiempo las diversas partes de ella.

B) Resistencia de los Elementos de la Instalación.

Cada instalación puede diseñarse esquemáticamante como si estuviera compuesta de uno o varios circuitos de la forma que indica la fig. 2.

La resistencia mecánica, térmica y eléctrica de cada uno de los elementos que forman la instalación la determina en primera aproximación el consumo de energía durante el trabajo normal del consumidor. En seguida, debemos considerar si este consumidor puede o no sufrir sobrecarga inherente a su funcionamiento. Una instalación de calefacción o de alumbrado, p. ej., no ofrece el peligro de ser sobrecargada durante un servicio normal. El accionamiento eléctrico de muchas máquinas manufactureras, por otra parte, está expuesto muy a menudo a un trabajo excesivo, debido a variaciones en las propiedades de la materia a elaborar, manejo descuidado y muchos factores más. Habrá, entonces, que seleccionar el dispositivo protector del consumidor según sus características particulares. En el primer caso será suficiente emplear seguros fusibles, mientras en el segundo se recomendaría usar interruptores automáticos con relais de sobrecarga.

De todas maneras suponemos en lo sucesivo que todas las partes de la instalación sean suficientemente protegidas contra desperfectos en su funcionamiento normal, incluso sobrecargas ocasionales. Queda, pues, de considerar su comportamiento bajo las efectos de un cortocircuito.

1) **Interruptores Automáticos.**—La capacidad de desconexión o de ruptura de un interruptor está determinada por su corriente nominal de desenganche. Los relais térmicos de sobrecarga funcionan en relación inversa a la intensidad de corriente, es decir, su tiempo de desenganche es más corto, cuanto mayor sea la corriente. Esta característica hace al interruptor muy apto para mantener un servicio ininterrumpido, porque permite continuar el trabajo aún con leves y cortas sobrecargas. Pero esta misma propiedad es peligrosa en caso de

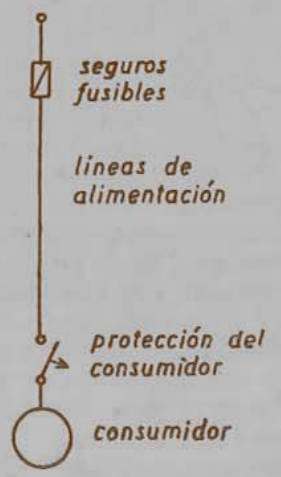


Figura 2

cortocircuitos. La demora en la desconexión del circuito por medio de los relais térmicos es generalmente mayor de dos segundos, tiempo suficiente para que se manifiesten los efectos térmicos de la corriente que hacen que los contactos del interruptor se "peguen" impidiendo su apertura y, frecuentemente, terminan con la destrucción mecánica del aparato. Por eso es preciso equipar el interruptor de relais magnéticos adicionales de desenganche rápido o agregar un juego de seguros fusibles también de acción rápida. En vista de que estos seguros sirven para la protección en caso de cortocircuito (y no para defensa contra sobrecargas) deben ellos seleccionarse según la intensidad de cortocircuito que resiste el interruptor, o sea, según su capacidad de ruptura y no según su corriente de trabajo.

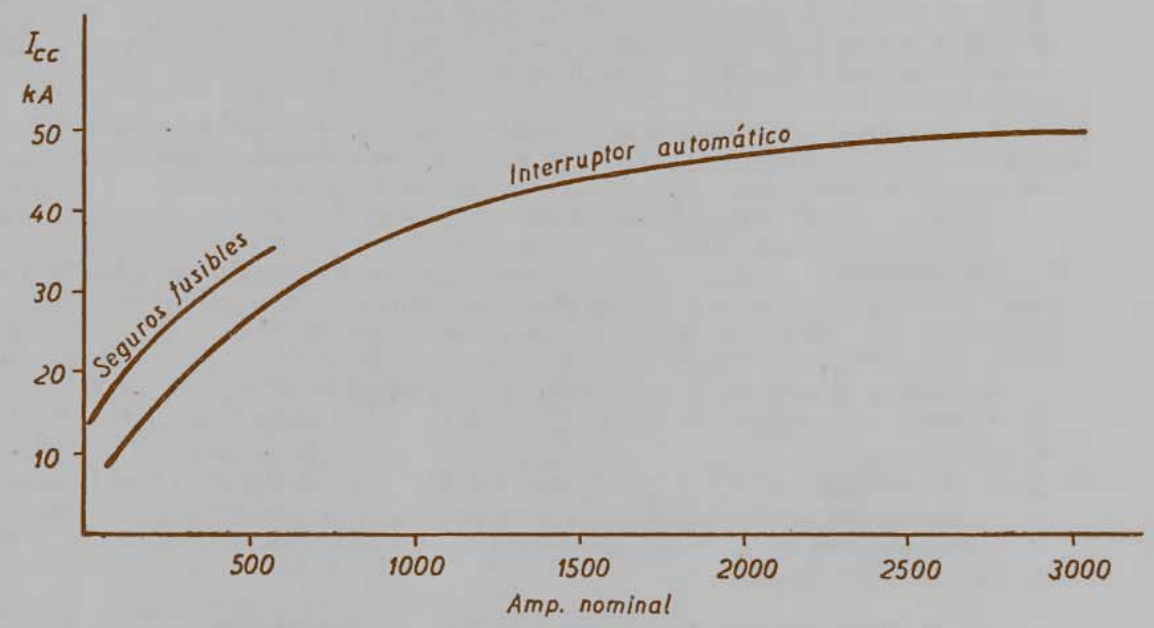


Figura 3

La fig. 3 indica las intensidades de corriente de cc. que pueden ser manejadas con seguridad por interruptores automáticos de diferentes corrientes nominales. Esos son, naturalmente, valores término medio y es posible que productos de una u otra fábrica sean más o menos robustos. Se ve que los interruptores automáticos de 100 A nominales no resisten a cortocircuitos mayores de 10.000 A y en caso de que se pueda esperar una intensidad de cc. igual o mayor a 10 kA deben emplearse interruptores de 200 A aunque la carga normal en el servicio no los exige. Una corriente de cc. mayor de 50 kA ya no se puede dominar con interruptores automáticos de baja tensión de fabricación standard.

2) **Seguros fusibles.** Experimentos han demostrado que el comportamiento de los seguros fusibles bajo el impacto de fuertes intensidades de corriente no obedece a reglas sencillas. Hay un gran número de factores que influye en el tiempo de fusión del tapón que no puede preverse con precisión, tanto más, que los ensayos con fusibles terminan forzosamente con la destrucción de ellos y el mismo objeto puede usarse una sola vez.

En primer lugar hay que diferenciar entre los seguros fusibles de acción rápida y los de acción retardada. Ambos se están fabricando según normas oficiales en los países con industria electrotécnica desarrollada. Los tiempos de fusión de los primeros, sometidos a una corriente diez veces la intensidad de su corriente nominal varía entre 0,025 y 0,15 segundos, los de acción retardada entre 0,1 y 0,2 segundos. Ignoramos si los tapones de fabricación nacional están sujetos a controles en este sentido, pero la práctica nos enseña que su funcionamiento es bastante irregular.

La capacidad de ruptura de los seguros fusibles de fabricación controlada aparece en la fig. 3. Se nota que los de mayor tamaño en uso no dominan con seguridad corrientes de cc. mayores de 25 kA y no sería recomendable emplear seguros de 200 A nominales en las instalaciones donde las intensidades de cc. alcanzan 15 kA. Sin embargo, en los casos en que no se llega a estos valores de corriente de cc. y, especialmente, donde se usan seguros de pequeño amperaje nominal, ellos se prestan muy bien, porque desconectan con tanta rapidez que la corriente de cc. no alcanza su valor máximo.

Para ilustrar mejor el comportamiento de los seguros fusibles se considera el producto $Icc^2 \cdot t$ (t tiempo de fusión en seg.) que significa la carga térmica que el tapón debe absorber. La fig. 4 da una idea cómo este producto varía con la corriente ascendente y se nota que su valor tiene un mínimo alrededor de una intensidad de entre 15 a 20 veces la corriente nominal, es decir, que aunque el tapón se calienta durante el servicio normal, un cortocircuito no influye mayormente en su temperatura, debido al corto tiempo que dura.

3) **Conductores.** El funcionamiento de los seguros fusibles descrito en el párrafo anterior, nos da un mejor concepto sobre la manera de proteger las líneas de distribución.

Para evitar en lo posible el origen de los cortocircuitos es importante que el estado de la aislación de los conductores se mantenga perfecto. Empleando cobre desnudo, la aislación de las líneas depende de las distancias entre los conductores y entre ellos y la pared, etc., y de los aisladores en uso; es, por consiguiente, fácil de establecer y de controlar. Pero el riesgo de deterioros mecánicos y de cortocircuitos motivados por introducción de objetos metálicos, casual o intencionalmente, es evidente. Es por eso que están reemplazadas generalmente por conductores aislados.

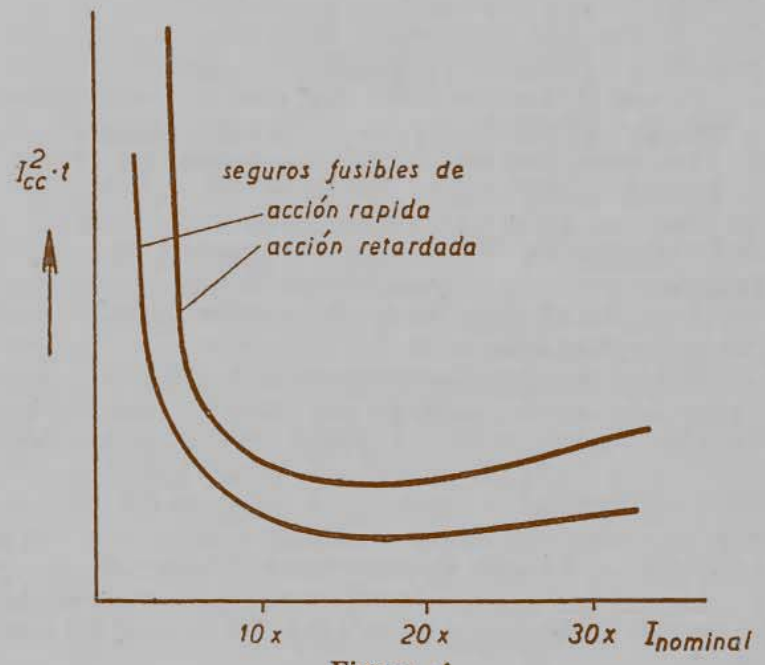


Figura 4

En ellos se consigue la aislación eléctrica mediante el empleo de goma, de papel impregnado o, recientemente, de materiales plásticos que, además, deben protegerse contra daños mecánicos, colocándolos en tubos metálicos o aplicando forros adicionales resistentes de metal, de goma o de materiales plásticos. Es importante recordar que todos los materiales aislantes empeoran con el tiempo y con la influencia de la humedad, aunque sus cualidades han sido bastante mejoradas en el último decenio. Sobre todo es útil darse cuenta que el agua de condensación que inevitablemente se acumula en algunos puntos de las cañerías cerradas perjudica la aislación de goma y que la introducción de los conductores a los tubos metálicos puede dar motivo para dañarlos. Por eso, la acostumbrada manera de ejecutar las instalaciones colocando las líneas en tubos metálicos no es la solución más segura. Hoy se da preferencia al cable con forro de plomo, de goma o de material plástico especial que puede embutirse directamente en el suelo o la obra de albañilería o suspenderse a la vista a alturas fuera del alcance del personal.

Sin embargo, el factor que más influye en mantener la perfección y la larga duración de la aislación es el calentamiento producido en los conductores durante el servicio. La calidad de los materiales aislantes que fabricantes de responsabilidad están ofreciendo en el mercado permite temperaturas hasta 60°C en servicio continuo, sin que sus propiedades aislantes y mecánicas disminuyan en el curso de varios años. Es posible que en el futuro se desarrollarán materiales que admitirán temperaturas más altas, tal como existen ya ciertas construcciones especiales de cables que se garantizan para empleo hasta con 120°C, pero no sería prudente contar con ellas para instalaciones corrientes. No obstante, permitimos calentamiento durante corto tiempo, es decir, en caso de cortocircuitos, que pueden alcanzar 90 y, tal vez, hasta 150°C. Podemos admitirlo excepcionalmente, porque estamos ciertos que el cortocircuito será desconectado dentro de fracciones de segundos y en tan corto tiempo la cantidad de calor producida por la corriente no penetra a la aislación, sino queda acumulada en los hilos metálicos.

Tenemos, entonces, que diferenciar entre calentamiento permanente y momentáneo o, en otros términos, entre las cargas continuas y los cortocircuitos.

En lo que se refiere a las cargas continuas hay que dejar constancia de que en los conductores mismos no pueden producirse sobrecargas. Estas llegan de los aparatos consumidores de energía que, a su vez, están protegidos por interruptores automáticos o seguros fusibles en el término de las líneas de distribución. No parece, por consiguiente, necesario proteger los conductores en el comienzo de las líneas contra sobrecargas, siempre que la sección de ellos esté seleccionada correctamente correspondiente a la corriente permanente de trabajo que llevan (y, naturalmente, conforme a una caída de tensión admisible).

Si, no obstante lo dicho más arriba, queremos colocar un dispositivo protector contra sobrecargas en principio de las líneas ¿qué convendría más, interruptor automático o seguro?

Los relais térmicos de los interruptores son ajustables de tal manera que la corriente mínima de desenganche queda un 5% más alta que la corriente de trabajo. Este 5% no ofrece un peligro para un calentamiento excesivo de los conductores y podemos adaptar perfectamente los interruptores automáticos para que desconecten sobrecargas tal como juzgamos conveniente para la seguridad de la instalación. Pero, más arriba, hemos visto que los relais térmicos no se prestan bien para la desconexión de cortocircuitos, o sea, de corrientes muy fuertes.

Consideremos ahora los seguros fusibles. Su construcción misma nos obliga a fijar un margen relativamente grande entre su corriente nominal y de trabajo continuo y la corriente mínima de fusión; porque el tapón se está calentando permanentemente por la corriente de trabajo, lo que, en el curso del tiempo, motiva alteraciones en la estructura molecular del alambre de fusión; la temperatura del ambiente también influye y una aglomeración de varios seguros en el tablero, como ocurre casi siempre, presenta otro aumento de temperatura. Además, no conviene en el interés de un servicio continuo que pequeñas y cortas sobrecargas hagan saltar los balines muy a menudo. Todo eso hace necesario fijar un margen de 30 a 35% sobre la corriente nominal del seguro y la corriente mínima de desenganche.

Tenemos, luego, dos posibilidades para proteger los conductores contra sobrecargas:

1) Usamos seguros de una corriente nominal igual a la corriente máxima admisible permanentemente para la línea. En este caso se aprovecha la capacidad transportadora de los conductores, pero en vista de que la corriente de fusión del tapón sería 30% más alta, la línea queda expuesta a sobrecargas sin que el seguro intervenga.

2) Se elige el seguro con la corriente mínima de fusión igual a la corriente máxima admisible para los conductores. Entonces, se evita efectivamente que las líneas sean sobrecargadas, pero, en compensación, perdemos permanentemente el mismo porcentaje en la capacidad transportadora de ellas.

Estas consideraciones confirman lo antes dicho: que seguros fusibles no pueden proteger eficientemente a los conductores contra sobrecargas y su empleo para este fin no es justificado ni técnica, ni económicamente.

Estudiamos ahora el comportamiento de los seguros fusibles en cuanto se refiere a los cortocircuitos, en vista de que los interruptores automáticos con relais térmicos no se recomiendan para este objeto.

Suponemos que el calor producido por la corriente durante el cortocircuito es absorbido enteramente por los hilos metálicos y no aumenta la temperatura de la aislación.

La intensidad de corriente de cortocircuito I_{cc} sea a veces la corriente nominal del seguro I_n y produce en la sección q mm² del conductor una densidad de corriente i A/mm² $i = a/q \cdot I_n$. La cantidad de calor que absorbe el conductor puede expresarse, si el tiempo hasta su desconexión sea t segundos en $i^2 \cdot t = (a/q)^2 \cdot I_n^2 \cdot t = k \cdot D$ siendo D el aumento de su temperatura y k un coeficiente que incluye el calor específico del cobre y el aumento de su resistencia eléctrica con la temperatura. Podemos transformar la ecuación a la forma $I_n^2 \cdot t = k \cdot D/(a \cdot q)^2$ y resulta una relación directa entre la corriente nominal del seguro, la sección del conductor y el aumento de su temperatura con un cortocircuito de $a \cdot I_n$.

Admitimos un aumento de temperatura del conductor hasta 90°C, es decir $D = 30$°C, resulta el factor k para cobre igual a m/m 178. Según los tiempos de fusión de seguros de acción rápida y retardada respectivamente, obtenidos en experimentos y para corrientes de cortocircuito 10 y 20 veces la intensidad nominal del seguro, podemos calcular las secciones del conductor correspondiente.

I	$I_{cc} = 10 \cdot I_n$		$I_{cc} = 20 \cdot I_n$	
Amp.	t seg.	q mm²	t seg.	q mm²
25	0,047 (0,129)	0,70 (1,2)	0,014 (0,024)	0,8 (1,02)
35	0,023 (0,195)	0,70 (2,0)	0,008 (0,041)	0,84 (1,86)
50	0,023 (0,09)	0,96 (1,94)	0,006 (0,011)	0,98 (1,32)
80	0,05	2,34	0,008	1,84
100	0,037 (0,195)	2,54 (5,72)	0,013 (0,043)	2,92 (5,32)
160	0,11	7,06	0,012	4,2
200	0,15	10,12	0,02	7,46

(los valores en paréntesis se refieren a seguros de acción retardada).

Vemos de esta tabla que, p. ej., un conductor de 6 mm² está protegido contra un cortocircuito de $10 \cdot I_n$ por un tapón entre el de 100 y 160 A, o sea de 125 A de acción rápida o de uno de 100 A de acción retardada. Tenemos, luego, una protección suficiente contra los cortocircuitos mediante seguros fusibles de tamaño tan grande que los factores que hacen inepta su aplicación contra sobrecargas no tienen influencia.

Para dar las secciones adecuadas a los conductores mismos que evitan un calentamiento excesivo por motivo de un cortocircuito podemos calcular de manera similar los valores que aparecen en el gráfico fig. 5, suponiendo el tiempo de fusión de 0,1 seg. y una tem-

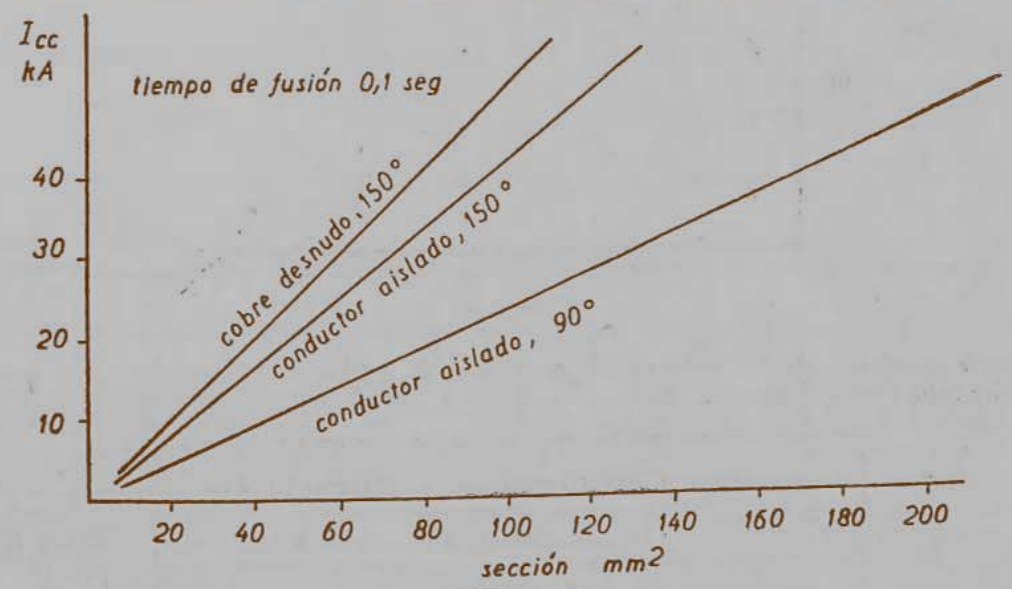


Figura 5

peratura máxima de 90°C. Se han dibujado además las rectas correspondientes a una temperatura de 150°C para conductores aislados y para cobre desnudo, en vista de que empleando material de buena calidad y en instalaciones bien proyectadas, de condiciones de trabajo no demasiado pesadas, esta temperatura puede admitirse durante corto tiempo. El tiempo de desenganche de 0,1 seg. es algo abundante y los valores que resultan pueden reducirse, multiplicándolos con 0,75 y 0,5 en caso de que se justifique suponer un tiempo de fusión de 0,06 y 0,03 segundos respectivamente.

4) **Resistencia a los efectos dinámicos.**—La fuerte intensidad de la corriente de cortocircuito ejerce un apreciable esfuerzo dinámico sobre los conductores, especialmente sobre las barras colectoras que por su cercanía al empalme de energía reciben el impacto directo. En los conductores que van en tubos o en cables múltiples las fuerzas se transmiten a las paredes de los tubos o a los forros de los cables que generalmente son mecánicamente suficiente fuertes para resistirlas.

En todo caso hay que tomar el valor de la corriente de cc. momentánea y la fuerza en juego se calcula según

$$P = 2{,}04 \cdot l/d \cdot I_{ccm}^2 \cdot 10^{-8} \text{ [kg]}$$

(d distancia entre conductores, l largo libre entre los soportes, ambos en cm). Esta fuerza ocasiona un momento de flexión $M = P \cdot l/_8$ que se compensa por el producto del momento de resistencia por el esfuerzo $W \cdot k_b$, admitiendo un valor de $k_b = 3000$ kg/cm² para cobre. Para secciones rectangulares de b cm de espesor y h de altura $W = b \cdot h^2/6$ y para sección circular del diámetro d cm $W = \pi\ d^3/_{32}$.

La fig. 6 indica los momentos de resistencia para diferentes I_{ccm} suponiendo una distancia de 15 cm entre los conductores y 90 cm entre los soportes.

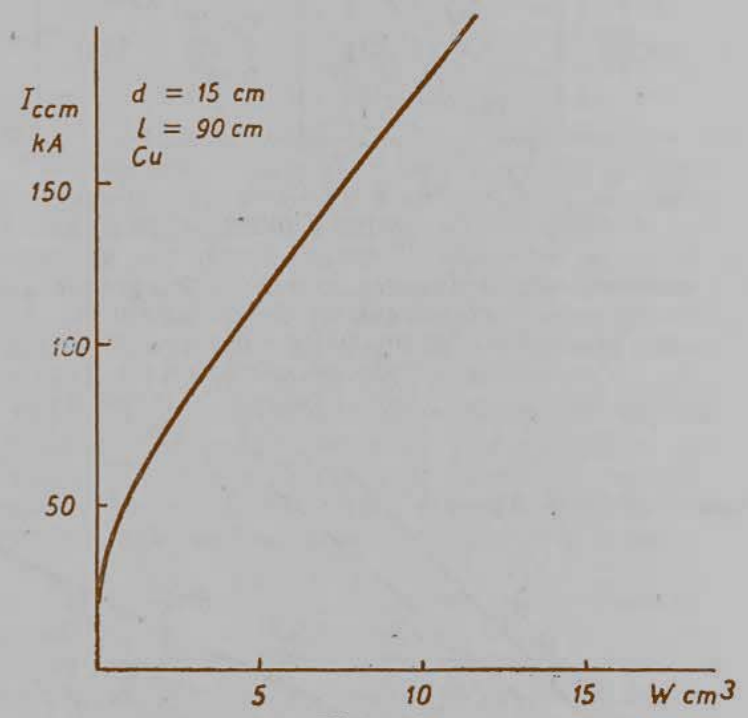


Figura 6

La tabla siguiente da los valores del momento de resistencia para las secciones más en uso en instalaciones industriales.

Sección mm²	momento de resistencia cm²	
	de canto	de base
40 × 5	0,167	1,33
40 × 10	0,667	2,67
50 × 10	0,833	4,16
80 × 10	1,33	10,66

C) Límites de las Potencias para Instalaciones de Baja Tensión.

Revisando los resultados a que hemos llegado en los párrafos anteriores respecto a la intensidad de corriente de cortocircuito que las partes de una instalación resisten con seguridad, encontramos que podemos dividirlos en cuatro grupos:

1) Instalaciones en que la corriente de cc. puede llegar aproximadamente a 15 kA no presentan dificultades y permiten el empleo de material sin mayor consideración a los cortocircuitos.

2) Los casos en que la corriente de cc. está probablemente dentro de 15 y 30 kA también pueden dominarse fácilmente, pero exigen cierto cuidado en la selección de los interruptores automáticos y seguros fusibles. Es recomensable usar interruptores de una capacidad nominal no menor de 200 a 300 A y seguros sólo para circuitos menores de 60 A. Estos seguros deben ser de una calidad controlada.

La sección mínima de los conductores en uso debe ser de 50 mm² de cobre.

3) Corrientes de cc. entre 30 y 50 kA exigen especial atención. La capacidad nominal de los interruptores automáticos ha de exceder 600 A y el empleo de seguros fusibles se limita a circuitos de menos de 35 A, usando exclusivamente los de alta capacidad de ruptura.

Las líneas se formarán de conductores aislados de 95 mm² o de cobre desnudo de 70 mm² de sección como mínimo y las barras colectoras con espesor de 10 mm se colocan en forma plana.

4). Plantas con corriente de cc. mayor de 50 kA deben proyectarse en ejecución especial.

Se han resumido estas observaciones en la tabla siguiente introduciendo las potencias instaladas en kVA en vez de las corrientes y siempre suponiendo una tensión de 400 V en el empalme. Igual como se hizo antes con las corrientes, hay que tomar en cuenta los factores amortiguadores del cortocircuito y calculamos con una potencia reducida $P_{red.} = P_{nom} \cdot f_1 \cdot f_2 \cdot f_3 \cdot f_4$.

I_{ccred}	kA	0 - 15		15 - 30		30 - 50	
Alimentación por:		**Transfor.**	**Generador**	**Transfor.**	**Generador**	**Transfor.**	**Generador**
$P_{.red}$	kVA	640	1250	1250	2500	2000	3750
Interruptores capacidad nominal	A	sin límite		mínimo 200 a 300		mínimo 600	
Seguros fusibles capacidad nominal	A	sin límite		sólo hasta 60		sólo hasta 35	
Cobre desnudo	mm²	sin límite		sin límite		70	
Barras colectoras	mm²	,,	,,	,,	,,	10	
Conductores aislados	mm²	,,	,,	50		95	

D) Instalaciones con cortocircuitos mayores de 50 kA.

Interruptores y seguros fusibles de construcción standard no resisten a los efectos de un cortocircuito mayor de 50 kA, tal como hemos visto en los capítulos anteriores, además, las líneas de distribución llegarían a secciones formidables. Pero el tamaño de una instalación la dicta el consumidor y en caso necesario hay que encontrar modo de realizarla. Tenemos diferentes caminos para limitar las corrientes de cc. de los diferentes circuitos de distribución: subdividir la potencia por instalar en circuitos separados entre sí o agregar resistencias fijas a los circuitos que evitan que se originen intensidades de corriente de cc. inadmisibles.

Fig. 7 indica tres formas diferentes de la primera posibilidad de solución. Lo más sencillo es dividir la potencia total en dos o más partes que están separadas completamente una de la otra. De esta manera podemos limitar la intensidad de la corriente de cc. a un valor admisible y logramos, además, la ventaja de poder acercar la alta tensión a los diferentes centros de consumo, lo que resulta en una apreciable economía en las líneas de baja tensión. Tiene la inconveniencia que en las horas de poco consumo todos los transformadores quedan conectados a la red con las pérdidas de energía correspondiente.

Esta inconveniencia evita el arreglo según fig. 7b. Los transformadores trabajan sobre dos barras colectoras de b. t. y las líneas de distribución se conectan a una u otra barra, evitándose un exceso de carga en cada una. En la noche pueden desconectarse todos los transformadores menos uno y las líneas se alimentan mediante una sola barra. Sin embargo, esta solución exige cierta atención de parte del personal y en caso de que hubiera muchas líneas, se pierde tiempo en el cambio de las conexiones.

Fig. 7c demuestra una variante del esquema 7a que evita la inconveniencia señalada por medio de un interruptor de acoplamiento entre los grupos de barras colectoras. Pero en este caso se recomienda prever un dispositivo-llave que impide el cierre del interruptor de acoplamiento mientras la instalación se alimenta por más de un grupo de transformadores.

El otro método de limitar las corrientes de cc. consta en agregar resistencias adicionales en forma de reactancias. Estas pueden intercalarse en la línea común de alimentación o en las líneas de distribución. Tambien pueden emplearse transformadores con tensión de cortocircuito elevada. La aplicación de estas medidas precisa un cálculo detallado de las condiciones de la instalación.

E) Instalaciones de Máxima Seguridad en el Servicio.

Basándonos en las observaciones anteriores y en el anhelo de diseñar una instalación en la cual se evitan en lo posible interrupciones del servicio, podemos agrupar sus elementos según la seguridad que ofrecen, como sigue:

1) Conductores.
2) Transformadores.
3) Desconectadores.
4) Interruptores automáticos.
5) Seguros fusibles.

En vista de que cada instalación contiene estos elementos de grado diferente de seguridad la seguridad del conjunto es menor que la de la parte más débil.

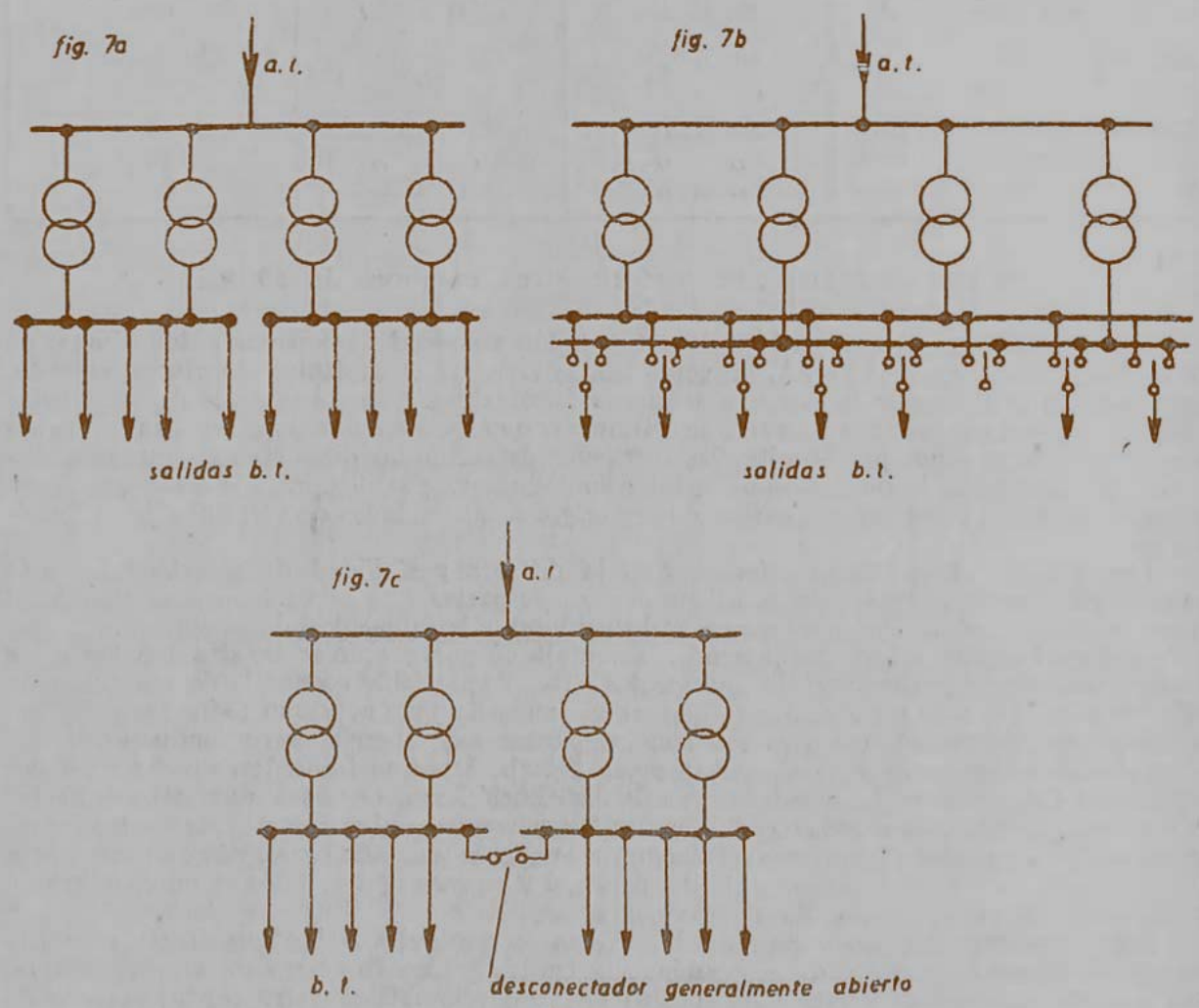


Figura 7

Tampoco los conductores tienen 100% de seguridad pero son indudablemente el elemento que, seleccionado adecuadamente y montado con el debido cuidado, es menos afectado por desperfectos en el servicio. Es, pues, un error de querer protegerlo por un dispositivo que en sí mismo es más sujeto a fallas. Eso sí, tenemos que dar a los conductores su correcta sección correspondiente a la pérdida de tensión, al calentamiento limitado y a su resistencia mecánica tanto para su objetivo normal, como para los casos de sobrecargas del consumidor y para los efectos de cortocircuitos ocasionales. Sobre todo, hemos de cuidar que su montaje no dé oportunidad de desmejorar sus buenas condiciones de aislación. Es por eso que se debe preferir el uso de cables llamados subterráneos, o que tengan forros de goma o de materiales plásticos especiales, colocarlos o directamente en el suelo, o suspenderlos mediante abrazaderos en canales, en paredes o en el cielo, fuera del alcance del personal y protegidos por rejas o planchas robustos. Debe, además, prestarse atención a la correcta ejecución de los terminales, uniones, etc.

Realizada de esta manera la instalación de los conductores no necesitamos para ellos más protección que los seguros fusibles que limitan la duración de un cortocircuito y que son, como hemos visto más arriba, de un tamaño tal que hace improbable una falla dentro de ellos mismos.

Los transformadores son casi de igual grado de seguridad que los conductores. Es justificado considerarlos como una combinación de conductores, muy bien aislados y firmemente afianzados. No contienen partes que se desgasten y no necesitan mantención sino a intervalos largos. Las únicas partes donde casualmente podría originarse un cortocircuito son los bornes descubiertos, pero eso puede remediarse fácilmente y a muy poco costo, equipando los transformadores con terminales para cables subterráneos. El aumento de precio es menor del 2% pero tiene una ventaja adicional: que podemos colocar el transformador donde nos parezca más conveniente, en la intemperie en un pozo, en el techo del edificio, economizando líneas de baja tensión y espacio.

Un transformador con terminales cerrados no precisa dispositivo de protección, porque es en sí más seguro que el interruptor automático o el seguro fusible; tampoco protegemos especialmente una unión de dos conductores.

Las barras colectoras son conductores y no hay impedimento para ejecutarlas en forma de cable aislado y dándoles así el mismo grado de seguridad de las líneas.

Separadores y desconectadores ofrecen en sus partes descubiertas cierto riesgo de originar cortocircuitos. Eso puede ser reducido encerrándolos en cajas mecánicamente resistentes de fierro con terminales adaptados para cables.

Interruptores automáticos con relais tienen en sus dispositivos de desenganche una fuente adicional de posibles fallas que no podemos evitar. Pero colocándolos en la cercanía del consumidor, limitamos la interrupción del servicio a la máquina o aparato individual sin que influyen el trabajo normal del resto de la instalación.

Los seguros fusibles son la parte de una instalación cuyo funcionamiento depende en más alto grado de causas incontrolables. Su uso como dispositivo protector en el trabajo normal o contra sobrecargas es, en muchos casos, ilusorio. Sin embargo, para asegurar una rápida desconexión de cortacircuitos prestan buenos servicios y, en vista de que en esta aplicación puede elegirse una capacidad de desenganche muy por encima de la corriente normal de trabajo, no influyen los factores incontrolables.

Una instalación concebida según estas observaciones garantiza la mantención ininterrumpida del servicio a un costo de inversión muy poco mayor que lo acostumbrado, diferencia que es compensada si se logra evitar la interrupción del trabajo de unas pocas horas.

LA BIBLIOTECA DE LA UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA

Está abierta al público los días hábiles de 8 a 12 y de 12¾ a 20. Los Sábados, hasta las 17½

Alimentación

ALGUNAS IDEAS SOBRE ALIMENTACION

Por Francisco Cereceda, Rector de la Universidad Técnica F. Santa María.

Esta charla fué dada en el Centro de Ingenieros de Valparaíso por su autor y expresa, entre otras cosas, que nuestro organismo tiene necesidad de proteínas, vitaminas, alimentos energéticos y grasas para su desarrollo y renovación y en qué alimentos están contenidos y las cantidades que debemos consumir para conservarnos en buen estado de salud y físico, y que debería ser una regla fundamental de dietética la variedad en la alimentación, comiendo de todo, dando sí preferencia a los alimentos protectores.

DESDE que el hombre habita este planeta —centenares de miles de años— se ha ocupado de una materia tan importante como la alimentación sólo en estos últimos tiempos. Antes comía lo que era más de su agrado o lo que encontraba con más facilidad. Estudios, observaciones, investigaciones sobre la naturaleza de los alimentos y sobre las necesidades de nuestro organismo son cosas recientes.

La materia no es sencilla; mientras más se la estudia, más difícil se encuentra. Nadie puede pontificar sobre ella; lo que ayer se consideraba una verdad científica, hoy se pone en duda. Sin embargo, hay ciertas ideas generales que parecen más o menos establecidas y que conviene conocer y divulgar.

Este es el motivo de este artículo, que por ahora hemos limitado a la alimentación de los adultos.

Objeto de la alimentación.—La alimentación tiene por objeto: **a**) la formación de tejidos nuevos (niños) o renovación de tejidos existentes (adultos); **b**) proporcionar la energía necesaria para el funcionamiento del organismo.

Los primeros se llaman protectores y comprenden las proteínas, las vitaminas y los minerales.

Los segundos se llaman energéticos y están entre ellos los hidratos de carbón y las grasas.

Esta clasificación no es rigurosa, pues hay alimentos protectores que suministran energía, y alimentos energéticos que contienen elementos protectores.

Necesidades mínimas.

Proteínas.—Las proteínas son compuestos de C. H. O. y N., y además de otros cuerpos en pequeña cantidad: S. P., etc.

Son alimentos indispensables para la formación y renovación de nuestros tejidos. Dentro de los intestinos, se descomponen en substancias más simples llamadas aminoácidos. Estas son 23 y han sido comparadas con los elementos de un edificio, con los ladrillos o bloques empleados en su construcción. Entre la corriente sanguínea y los tejidos hay un intercambio permanente de estas substancias. Todo nuestro organismo está en un proceso constante de renovación; todo, menos nuestras células cerebrales; si no se las suministramos, sufre. No se derrumba inmediatamente, pero sufre, tratando de adaptarse a las circunstancias desfavorables. Ejemplo: los glóbulos rojos que son los que conducen el oxígeno necesario para la combustión de la glucosa, viven unas 4 a 5 semanas; tenemos pues, que atender a su renovación. ¿Con qué? Entre otros elementos, con proteínas adecuadas y con fierro. ¿No se los proporcionamos al organismo? Pues bien, no nos morimos inmediatamente; nos ponemos anémicos, no tenemos fuerzas para trabajar, nos falta empuje, audacia, iniciativa; vegetamos, no vivimos. Vegetamos como esas poblaciones asiáticas, que en materia de progreso, están como petrificadas desde siglos, y donde la duración media de la vida humana alcanza apenas a 20 o 25 años, contra 60 y aún 70 a que llega en los países civilizados.

¿Dónde están contenidas las proteínas? En la leche y sus derivados, en la carne, el pescado, los huevos; éstas son las proteínas animales. En el pan, las legumbres: frejoles, lentejas, garbanzos, en el arroz; éstas son las proteínas vegetales. Ambas son necesarias, pero más lo son las de origen animal; éstas son indispensables, y no debieran bajar de unos 35 g. por

persona por día. Especialmente importantes son las proteínas de la leche, por su alto valor biológico, y por que ciertos aminoácidos que produce no son susceptibles de ser elaborados sintéticamente por nuestro organismo. Las proteínas vegetales deben también consumirse a razón de unos 35 g. por persona, debiendo advertir que estas cifras son sólo aproximadas. Algunos necesitan más, otros se arreglan con menos.

Ahora, ¿cómo podemos obtener estas proteínas en forma más económica?

Desde luego, bebiendo leche; la leche es un alimento valiosísimo y muy barato. Contiene unos 35 g. de proteínas por litro, fuera de otros elementos que luego indicaremos. He dicho que es muy barata; en efecto un litro de leche contiene unos 120 g. de materia sólida (lo demás es agua); si estimamos el litro en 11 pesos, resulta el kg. sólido a unos 90 pesos. ¿Cuánto vale la carne? Tomemos la posta, la modesta posta que vale no menos de 100 pesos el kg. en carnicería; si deducimos el agua, un 60%, resulta el kg. sólido a 250 pesos. Hay diferencia, y la leche es mejor que la carne, biológicamente hablando.

El pescado también es barato, y sus proteínas son de buena calidad, 1 kg. de filete de merluza cuesta unos 25 pesos, y si suponemos que contiene un 70% de agua, resulta el kg. sólido a unos 83 pesos, más o menos como la leche, pero inferior a ésta desde ciertos puntos de vista.

El huevo es también un alimento valioso, por la calidad de sus proteínas y otros elementos, y no es tan caro. A cinco pesos el huevo, resulta el kg. en estado natural a 100 pesos, o sea, como la posta.

Nos conviene, pues consumir leche o queso, que no es otra cosa que leche concentrada. No sólo nos conviene; tenemos que hacerlo, si queremos proporcionar a nuestro organismo las proteínas de alta calidad que necesita. El resto de las proteínas, las vegetales, podemos obtenerlas de las legumbres, y en esto no hay dificultad, porque son baratas y relativamente abundantes.

Vitaminas.—Pasemos ahora a las vitaminas. Necesitamos un suministro diario de 5.000 U. I. de vitamina A, que ahora se llama axeroftol; 1,8 milígramos de vitamina B1; 2 milígramos de vitamina B2; 75 milígramos de vitamina C (ahora se llama ácido ascórbico); 400 U. I. de vitamina D y otras que omito, brevitatis causa. (1 U. I. vitamina A = 0,3 microgramos; 1 U. I. vitamina D = 0,025 microgramos).

Sí, señores, necesitamos esas cantidades de vitaminas; algunos pueden sonreírse escépticamente; otros pueden creer que se trata de modas, que pasan después de algún tiempo. Bueno, es fácil sonreírse, pero yo les puedo asegurar que no hay hoy hombre de ciencia, biólogo o fisiólogo, que no considere indispensable una cierta provisión de vitaminas para la conservación de la salud, para vivir, no para vegetar.

La vitamina A que se llama también vitamina anti infecciosa, porque nos protege contra las enfermedades en general, es necesaria entre otros muchos motivos, para la formación y renovación de los huesos; éstos se componen principalmente de fósforo y calcio; pues bien, en ausencia del axeroftol, o sea, de la vitamina A, y de la vitamina D, la combinación no se produce. Son como dos enamorados tímidos, si no interviene un tercero en amores, ahí se quedan. Son catalizadores.

Este es en general el papel de las vitaminas y de las hormonas. Vitaminas y hormonas, son conceptualmente la misma cosa; las llamamos vitaminas cuando el organismo las recibe de afuera, y las llamamos hormonas, cuando el organismo las produce el mismo. Y así una misma substancia puede ser vitamina y hormona, p. ejemplo, el ergosterol es para el hombre la vitamina D y para el ratón una hormona, pues este caballero debido a las condiciones de vida algo reclusas en que se encuentra desde hace algunos años —un millón o más— decidió tener su fábrica propia de vitamina D.

Tenemos pues, que consumir vitamina A, ¿cómo obtenerla? Desde luego, tomando leche. Esta contiene por litro unas 1.500 U. I. aproximadamente; si tomamos ½ litro, que es lo menos que deberíamos tomar, aseguramos ya unas 750 U. I. Existe también, naturalmente, en el queso; 100 g. contienen unas 1.000 U. I.; en la mantequilla: 100 gramos contienen unas 3.000 U. I. Pero la fuente más barata de vitamina A son los vegetales, p. ejemplo, la zanahoria contiene entre 2.000 y 15.000 U. I. por 100 gramos; la lechuga unos 5.000 U. I. por 100 g.; la familia del repollo, unos 800 U. I.

La zanahoria se llama en francés carotte, y de esta palabra se deriva caroteno, que es la proteína A; el organismo tiene la virtud de dividir la molécula de caroteno en dos moléculas de vitamina A. Las hojas verdes de las plantas contienen caroteno; este es de olor amarillo, pero queda oculto por el verde de la clorofila y se ve sólo cuando las hojas comienzan a decaer.

También hay frutas ricas en vitamina A; por ejemplo, la naranja: 100 g. de naranja contienen unas 200 U. I.; el tomate que no sé si clasificar como fruta o verdura, contiene especialmente en su hollejo unos 1.000 U. I. por 100 gramos.

Por último se encuentra también la vitamina A en el hígado de los animales, en especial de los pescados. Estos son riquísimos en vitamina A; pero es más fácil obtenerla de la leche y de las verduras y frutas.

Si Uds. hacen algunos cálculos sobre la cantidad de vitamina A que están ingiriendo, probablemente llegarán a la conclusión de que están algo lejos de las 5.000 U. I. que los dietetas recomiendan; pero si quieren vivir sanos deben hacer un esfuerzo para acercarse a esta cifra.

Pasemos ahora a la vitamina B1, llamada tiamina por su descubridor, y también beri-beri, y antineurítica, porque cura la inflamación de los nervios. Sus funciones son muy variadas; la principal es asegurar la combustión de la glucosa en el organismo, para dar energía al tejido nervioso. Necesitamos consumir 1,8 milígramos por día.

La vitamina B1 se encuentra en varios alimentos: p. ejemplo en el trigo. Desgraciadamente, el molinero se encarga de eliminarla al fabricar la harina, sobre todo cuando el porcentaje de extracción baja a menos de 85%; mientras más blanca la harina, menos vitamina B1 contiene. Por este motivo, en los Estados Unidos y otros países se le agrega tiamina a la harina; es fácil y no cuesta gran cosa. En Chile se piensa hacer lo mismo.

En realidad aunque nuestros alimentos contienen vitamina B1 no es tan fácil obtener en los menús corrientes la cantidad requerida de 1,8 milígramos por día. Hay seguramente mucha gente en Chile que sufre de carencia de esta vitamina, o sea, de los síntomas de beriberi incipiente: dolores musculares, dolores de cabeza, fatiga, insomnio, malestar general. Lo más grave es la fatiga, la falta de empuje, porque se traduce en poco rendimiento en el trabajo. Sería de verdadera conveniencia procurar cuanto antes la adición de vitamina B1, a la harina.

No mencionamos el hígado de cerdo y especialmente el de cordero como fuente riquísima de vitamina B1 y B2, pues es tan difícil conseguirlos.

No vamos a referirnos a otras vitaminas del complejo B para no alargar demasiado esta charla. Continuemos con el ácido ascórbico, llamado también vitamica C, del cual necesitamos 75 milígramos por día. La carencia de esta vitamina produce el escorbuto, el azote de las antiguas tripulaciones; sus síntomas preliminares son: aspereza de la piel de brazos y muslos, inflamación de las encías, dolores en las coyunturas, etc.

Afortunadamente es fácil conseguir el ácido ascórbico; se encuentra desde luego en las frutas cítricas: el limón y especialmente la naranja: 100 gramos de naranja contienen unos 40 milígramos. Además, el tomate: 20 milígramos por 100 gramos; el repollo 50 milígramos; el plátano 10, la zanahoria 10; la lechuga 7; la papa 4. En general las frutas contienen cierta cantidad de vitamina C.

La vitamina D ha sido llamada la vitamina calcificante; sin ella no hay huesos sanos. Hay además otros importantes procesos fisiólogicos que no se realizan en su ausencia. Necesitamos por día 400 U. I.

La fuente más abundante de esta vitamina proviene de la acción de los rayos ultravioleta sobre un compuesto químico llamado ergosterol, que abunda en el reino vegetal; cuando éste es ingerido por el hombre o un animal, pasa en gran parte a los tejidos que se encuentran inmediatamente debajo de la piel; y si ésta se expone a la luz solar cuando ésta contiene rayos ultravioleta, que no han sufrido por la acción del humo, del polvo y otros factores, estos rayos convierten el ergosterol en vitamina D. Naturalmente esto significa que debemos someternos a cierta exposición al aire libre en días de sol. No se trata de baños de sol, como acostumbra cierta gente en las playas durante el verano, sino solamente de tomar contacto con la luz solar.

Otra fuente de vitamina D es la mantequilla, con 50 U. I. por 100 gramos y el huevo, con la misma cantidad; la sardina en latas, con 1.000 U. I. por 100 gramos. La sardina es un buen alimento: tiene además 20 gramos de proteínas de alta calidad y 300 milígramos de calcio, todo referido a 100 gramos. Pero la verdadera fuente de vitamina D, fuera del ergosterol, está en el hígado de los peces; el aceite de hígado de bacalao conocido desde mucho tiempo como un buen tónico, contiene 2.400 U. I. por 100 gramos, y el aceite de hígado de hipogloso, fluctúa entre 20.000 U. I. y 400.000 U. I.

Naturalmente el aceite de hígado de pescado no es muy apetecible; pero en algunos colegios se ha logrado introducirlo en forma disimulada, mezclándolo con mayonesa y extendiendo ésta sobre el pescado; aseguran que los niños no se dan cuenta del piadoso fraude.

Minerales.—Veamos ahora algo sobre minerales; hemos dicho que necesitamos una ración diaria de 800 milígramos de calcio, 12 milígramos de fierro, cierta cantidad de fósforo de que no nos preocuparemos porque en general acompaña al calcio, y además numerosos otros elementos químicos que se requieren en pequeñas proporciones. Nos vamos a referir especialmente al calcio y al fierro.

El calcio es esencial para la estructura de los huesos y dientes; además cataliza reacciones que resultan en contracción de los músculos y conducción de impulsos nerviosos. Los huesos no son las estructuras permanentes que algunos se imaginan; tampoco lo son los dientes; y si no les proporcionamos la cantidad de calcio que necesitan se tornan frágiles. Como cualesquiera otros tejidos, ellos están en un intercambio permanente con los elementos que circulan en la sangre.

No todo el calcio que suministramos al organismo es aprovechable, porque desgraciadamente forma sales insolubles. Algunos alimentos contienen ácido oxálico como la espinaca, lo que da origen al oxalato de calcio, que no puede ser absorbido. Otros, como el trigo y las leguminosas contienen el calcio en estado de fitatos inasimilables, y lo que es peor estos fitatos se combinan con el calcio de otros alimentos y también los hacen inasimilables. De este modo, aunque la pérdida de calcio al través del riñón es de sólo 300 milígramos, debemos proporcionarle al organismo de 600 a 800.

La fuente principal de calcio es la leche y sus derivados. La carne y el pescado son pobres, y en cuanto a los cereales, frutas y la mayoría de los vegetales, no vale la pena nombrarlos, o porque no lo tienen o porque son inasimilables. Un medio litro de leche proporciona unos 600 milígramos de calcio; 100 gramos de queso, 750 milígramos. Debemos pues consumir leche o queso, preferentemente la primera.

Otra fuente de calcio es la sardina, de que ya hemos hablado: da 500 milígramos por 100 gramos; naturalmente debe comerse entera. Y, last not least, el agua dura, hay aguas potables que dan 200 a 300 milígramos de calcio por litro.

Otro mineral importante dijimos que era el hierro, componente de la hemoglobina de la sangre, la cual conduce al oxígeno y permite a las células del cuerpo la oxidación de los materiales alimenticios. Como en el caso del calcio, no todo el hierro ingerido es asimilable; por ejemplo el hierro de la espinaca es insoluble, como también lo es, por lo menos en parte, el de los cereales.

¿Cuál es la fuente de aprovisionamiento del hierro? La carne vacuna (bistec), unos cuatro milígramos por 100 g.; la de cordero sólo 2; el hígado de cordero es rico en fierro: 13 milígramos por 100 gramos, pero es difícil conseguirlo; la sardina nos proporciona 2, los huevos 3,5; las lentejas y los frejoles 6; los descarozados 6; las ciruelas secas 3.

En realidad no es fácil conseguir los 12 milígramos que se necesitan, lo que explica la existencia de mucha gente anémica en todas las capas sociales y en casi todos los países; y la cosa se complica, como lo dijimos, porque no todo el hierro que ingerimos lo asimilamos. Quizás sólo aprovechamos 1 a 2 milígramos.

Alimentos energéticos.—Pasemos ahora a los alimentos llamados energéticos, como los hidratos de carbono y las grasas, llamados así porque su función principal es proporcionar energía al organismo. La energía total que éste necesita, indicada en calorías, es de unos 2.500 a 3.000 por día por hombre medio adulto.

Para comenzar debemos dejar establecido que aunque estos alimentos no tienen una función tan noble como las proteínas, vitaminas y minerales, no por eso dejan de ser importantes. En realidad, fisiológicamente son necesarios; no podemos vivir sólo de proteínas; necesitamos ingerir una combinación de proteínas, hidratos de carbono y grasas, en proporción variable, según las razas, los climas y las costumbres. Las proteínas solas, aunque teóricamente pueden convertirse en hidratos y en grasas, serían en ausencia de los hidratos, transformadas por el hígado en substancias poco menos que inasimilables. Además las grasas no son, como antes se creía, materiales destinados sólo a producir energía; tienen además, otras funciones, no muy conocidas, pero indispensables para la salud del organismo.

Debería ser pues, una regla fundamental de dietética, la variedad en la alimentación; debemos comer de todo, eso sí que dando preferencia a los alimentos protectores. Hay un dicho inglés muy antiguo: "Cuida de los peniques, que las libras se cuidan solas". Aplicado a la alimentación sería: "Cuida de las proteínas, vitaminas y minerales, que los alimentos energéticos nunca te faltarán".

Los alimentos energéticos más comunes son: el pan, los fideos, las papas, el arroz, los porotos, los garbanzos, las lentejas, el azúcar (azúcar de almacén), la mantequilla, la margarina, la grasa, los aceites, etc.

El pan es un alimento de uso universal en el mundo del occidente; constituye la base de la alimentación popular. Su uso, sin embargo, tiende a decrecer en los pueblos de civilización más avanzada, pues éstos se han dado cuenta de que no tiene las condiciones que antes se le atribuían. Si se fabrica con harina blanca (extracción 70% p. ejemplo) es agradable y digestible, pero ha perdido en el germen del trigo y en sus capas exteriores, parte valiosa de sus vitaminas y minerales; el pan blanco es casi exclusivamente almidón. Si por el contrario, el pan es obtenido de una extracción de harina más alta, digamos del 85 al 90% o más, resulta poco digestible, y además sus elementos minerales como el calcio y el fierro están en estado de fitatos inasimilables. Para obviar estos inconvenientes, en algunos países se agrega a la harima blanca, creta precipitada (carbonato de calcio) y tiamina (vitamina B1) y así se obtiene, a un bajo costo, un pan agradable, digestible y rico en calorías (2.400 calorías por kg.).

El pan añejo es más digestible que el pan fresco, porque se presta mejor para su impregnación por la saliva y los jugos gástricos; el pan tostado es también más digestible, porque la parte tostada está convertida parcialmente en dextrina soluble.

El poroto, la lenteja y el garbanzo son alimentos muy recomendables dentro de la categoría de energéticos, porque no sólo contienen hidratos de carbono sino también proteínas en proporción superior a 20% (la harina blanca sólo 8%) y además, elementos minerales valiosos como calcio y fierro, aunque, con respecto a estos últimos, no debemos perder de vista su estado de fitatos. Calorías p. kg. 2.500 aproximadamente.

Para terminar con los hidratos de carbón, debemos mencionar el azúcar. Este es una fuente de energía, considerable y barata (4.000 calorías por kg., precio $ 22.—; no hay otro alimento más barato desde este punto de vista); pero no es más que energía: no contiene proteínas, ni grasas, ni elemento mineral alguno. Sin embargo, tiene una ventaja: es agradable; con los postres confeccionados con ella la persona se siente satisfecha, y de esto depende, por lo menos en parte, una buena digestión.

Alimentos grasos.—Algunas palabras ahora sobre las grasas: las más usadas son la mantequilla, la margarina, la manteca de cerdo, la grasa vacuna y los aceites de diversas procedencias.

La mantequilla es la mejor de las grasas, porque contiene una cantidad considerable de vitamina A: 3.000 U. I. por 100 gr.; además sus grasas son en parte no saturadas, y éstas son según se piensa, indispensables para la salud. La margarina es un preparado de grasas y aceites animales y vegetales, al cual se adicionan cierta cantidad de vitamina A y D, y otras materias que imitan el olor y el sabor de la mantequilla verdadera. Una buena margarina es en realidad difícil de distinguir de la mantequilla. Quizás, sin embargo, la ausencia de grasas no saturadas constituye una diferencia en su contra. Naturalmente la margarina es más barata que la mantequilla; en los Estados Unidos las disposiciones legales recientes que autorizan la venta libre de la margarina han provocado la caída del precio de la mantequilla, y éste a su vez, el de la leche. La manteca de cerdo es un buen alimento graso, semejante a la grasa vacuna, pero superior a ésta por su menor punto de fusión. Entre los aceites, el mejor es el de oliva, cuyas grasas son comparables con las de la leche; vienen en seguida los aceites vegetales, como el de maravilla y otros; estos últimos son solamente alimentos energéticos.

La mantequilla, la margarina y grasas proporcionan unas 700 calorías por 100 gramos; los aceites, un poco más: 840. Son pues, alimentos ricos en calorías.

Tratemos ahora de formular un menú teórico que contenga todos los alimentos necesarios para una persona adulta de actividad media, véase tabla.

Analicemos este menú. Comencemos por advertir que no es un menú propiamente tal, sino más bien una lista de alimentos que deben distribuirse entre las diferentes comidas del día. En materia de proteínas vemos que en conjunto, vegetales más animales, alcanzan a 67, ligeramente bajo el mínimun 70. Se podrían aumentar algo los vegetales, cambiando las papas por porotos; 100 gr. de porotos nos darán 20 de proteínas, con lo cual los vegetales subirían a 42; pero perderían 4 mg. de vitamina C, de la cual está escaso el menú.

El calcio está bien; pero la cantidad segura es sólo la de la leche y el queso. El hierro es escaso; habría que aumentarlo por lo menos en 3 mg. Esto lo obtendríamos de los frejoles o de las lentejas, que dan 6 mg. por 100 gr., más de lo que necesitamos.

Se podría alternar, un día papas y otros frejoles: así lograríamos los 3 mg. de fierro que buscamos, en promedio, y al mismo tiempo conseguiríamos equilibrar las proteínas vegetales.

Alimentos	Proteínas veget.	Proteínas min.	Ca	Fe	Vit A	Vit B1	Vit C	Vit D	Calorías
	necesidades diarias								
	g 35	g 35	mg 800	mg 12	U. I. 5000	mg 1,5	mg 75	U. I. 400	2500 a 3000
½ litro leche	—	16	600	—	600	0,2	—	15	300
30 grs. queso	—	6	250	0,2	300	—	—	—	110
20 ,, mantequilla ...	—	—	—	—	600	—	—	10	140
100 ,, carne vaca	—	15	10	3,5	50	0,1	—	—	250
1 huevo	—	6	20	1,2	400	0,1	—	25	60
50 grs. lechuga	0,6	—	—	—	2000	—	3	—	8
50 ,, zanahoria	0,6	—	20	0,3	1000	—	5	—	20
100 ,, naranjas	0,6	—	30	0,1	200	—	40	—	24
250 ,, pan blanco ...	20,0	—	130	3,0	—	0,1	—	—	1200
100 ,, papas.....	2	—	—	—	—	—	4	—	80
50 ,, marg. o aceite.	—	—	—	—	—	—	—	—	440
60 ,, azúcar	—	—	—	—	—	—	—	—	240
	23,8	43	1060	8,3	5150	0,5	52	50	2872

La vitamina A está bien; hemos escogido para el menú una mezcla de lechugas y zanahorias, verduras que existen prácticamente todo el año: el tomate y el repollo son excelentes, pero sólo de temporada. Naturalmente hay que aprovecharlos.

La vitamina B1 es francamente deficiente; ello se debe en parte al consumo de pan blanco. El hígado de cordero podría ayudarnos, porque es rico en tiamina (0,4 mg. a 45 mg. por 100 gr.). Desgraciadamente es difícil encontrarlo. El paté de foie puede ser un substituto del hígado, pues se emplea en su preparación, no es muy caro; se puede conseguir por $ 14.00 los 100 gr. Quizás con 25 gr. llenaríamos el déficit; también podríamos tratar de reemplazar la mantequilla por paté, aumentando éste a 50 gramos. No es fácil obtener la tiamina en los alimentos; por algo en los Estados Unidos y otros países enriquecen con ella la harina. Pero en realidad el déficit no es tan alarmante, pues ciertas bacterias que viven en el intestino humano producen vitamina B1.

La vitamina C es deficiente en nuestro menú; faltan 18 mg. Ellos pueden obtenerse fácilmente aumentando las naranjas a 140 gramos por día; o consumiendo tomates, que rinden 20 milígramos por 100 gr. o repollos, que dan 50 milígramos, o plátanos que dan 10. En general todas las frutas contienen vitamina C, eso sí que en menor cantidad que la naranja.

En cuanto a la vitamina D aparece en franco déficit, pero es más aparente que real; hemos dicho que esta vitamina se produce por la acción de la luz solar sobre el ergosterol, producto éste que abunda en las hojas verdes de las plantas. Es cuestión de comer lechugas, berros, etc. y pasearse al aire libre en días de sol. Si esto no se puede hacer, recomendaría comer sardinas (en latas): con 100 gramos se tienen 1.000 U. I. O sea lo suficiente para llenar el déficit de 3 días. También son muy buenos los arenques.

Por último, por lo que se refiere a calorías, el menú está bien; se aconseja un total de 2.500 a 3.000, según la edad de la persona, y su grado de actividad.

No he hecho mención de la celulosa; en todo menú debe consultarse algunas substancias que la contengan, porque, aunque no es un alimento en sí, contribuye a aumentar el volumen de las materias, y a provocar los movimientos del intestino que favorecen su evacuación. El menú teórico propuesto contiene celulosa en las hojas verdes de la lechuga.

Tampoco he mencionado las bebidas, vino, té, café, ni los condimentos; éstos los agregará cada uno según su costumbre. Aunque no sean propiamente alimentos, contribuyen al agrado de la comida e indiscutiblemente a facilitar la digestión de los alimentos.

Para terminar algunas consideraciones de carácter general. La dietética no es una ciencia exacta, salvo en su obedecimiento a las leyes físicas y químicas. Si uno ingiere más calorías que las que gasta, aumentará de peso y viceversa. Fuera de esto, lo demás es relativo; depende de los países, de las costumbres y de las personas. Cuando se dice que uno debe consumir 70 gr. de proteínas, esto es sólo en promedio; es posible que una persona se sienta bien con 40 gr. diarios, y otra con 100 o más. Pero esto no quiere decir que debemos dejar guiarnos sólo por nuestro gusto o por nuestros instintos; en Inglaterra pasaron 200 años antes de que la gente aceptara la papa como alimento y 100 años antes de que aceptaran los tomates; y algo semejante ocurrió con las ensaladas crudas. En Chile ocurre algo parecido con éstas últimas; los que tenemos que formar los menús de los colegios sabemos cuánto se resisten los muchachos a comer "pasto". La dietética como tantas otras cosas, es cuestión de educación, y más de educación de la mujer que del hombre, porque educando a la mujer, se educa a la familia y, por consiguiente, a la colectividad.

Novedades Técnicas

PODEROSO CRISTAL

La ciencia erudita de la física del estado sólido, a base de su teoría, puede predecir cuán firme podría ser un cristal metálico si todos sus átomos fuesen arreglados según un perfecto orden regulado. La cifra, generalmente, es tan elevada que el metal real parece pasta en comparación con tal cristal. Los cristales formados de manera ordinaria, es decir, por medio de refrigeración de un líquido, están llenos de imperfecciones e irregularidades que reducen su firmeza. Cristales de fierro puro, por ejemplo, teóricamente, deberán ser cien veces más firmes, de lo que realmente son.

La semana pasada, la General Electric anunció que dos de sus científicos, el Dr. Robert L. Fullman y Arno Gatti, han creado un cristal delgado de fierro que es casi tan firme como debería ser según la teoría. El cristal de la General Electric tiene sólo un diámetro de un cuarentésimo de milímetro (el diámetro del pelo humano más fino es aproximadamente un sesentésimo de milímetro), pero cuidadosos ensayos han comprobado que es asombrosamente firme. En caso de que la sección de su corte fuera de un centímetro cuadrado podría soportar el peso de casi 70.000 kilógramos.

Esto es mucho más firme que cualquier metal o aleación conocidos. La firmeza a tracción de alambre de acero templado es aproximadamente 4.000 kg/cm². La mejor aleación de acero, una estructura cuidadosamente diseñada de muchas diferentes clases de cristales, tiene una firmeza a tracción de menos de 35.000 kg/cm².

Dice la General Electric, que, aparte de ser enormemente firme, el cristal perfecto de fierro no se oxida como fierro ordinario. La misma estructura ordenada que lo hace firme parece protegerlo contra la oxidación.

Por el momento los cristales perfectos no tienen utilidad práctica. El Dr. C. G. Suits, director de investigación de la General Electric, dijo: "Ciertamente no podemos usarlos para soportar un puente suspendido, pues su descubrimiento es muy reciente. Con el tiempo la ciencia aplicada y la tecnología, encontrarán un uso práctico para esta forma de metal".

Time, 12 marzo 1954.

Fuerza motriz

SOBRE LAS POSIBILIDADES DE APROVECHAR LA ENERGIA GEOTERMICA EN CHILE

Por Julio Hirschmann R., Vice-Rector de la Universidad Técnica F. Santa María.

Después de una breve introducción y de dos párrafos que se refieren a los antecedentes geológicos, el autor indica los diferentes tipos de plantas geotérmicas que hasta la fecha se han realizado o que están por construirse. A continuación se anotan las fórmulas termodinámicas para poder conocer los caudales necesarios para generar cierta potencia, demostrando en un resumido desarrollo matemático cuáles serían las condiciones óptimas en el caso de utilizar el calor de vertientes calientes. Después de recoger los resultados obtenidos en tablas y diagramas, se anotan los antecedentes que se conocen hasta ahora para Chile.

Introducción.

LAS nuevas construcciones de plantas geotérmicas realizadas durante los tres últimos años demuestran claramente que la utilización de la energía calórica del subsuelo con el objeto de generar fuerza eléctrica ha salido de la fase de experimentación.

En el curso del año 1950, entró en servicio la nueva planta de 100.000 [kW] en Larderello, Italia, que aumenta la potencia total generada en esta región por vapores de origen volcánico a 258.500 [kW], potencia que se reparte sobre 23 grupos parciales de 2.000 hasta 25.000 [kW] cada uno.

A comienzos de este año se terminó la construcción de una planta destinada a utilizar la energía calórica de vertientes calientes en Katanga, mina de estaño, en una región desierta del Congo belga. Aunque sólo tiene una potencia de 220 [kW], representa un nuevo tipo de planta geotérmica, que permite la explotación de un vasto campo, descuidado hasta ahora. Los ensayos iniciales con la planta de Katanga han tenido pleno éxito.

Hace poco se publicaron las primeras noticias sobre los trabajos que se realizan en Nueva Zelandia para aprovechar la energía calórica de los geisers. En el valle Wairaki se han taladrado en la tierra hasta ahora 27 agujeros destinados a recolectar el vapor de los geisers que será conducido hacia las turbinas que deben proporcionar una potencia total de 70.000 [kW]. El presupuesto actual de esta gran obra de ingeniería es de 14 millones de dólares.

Estos tres hechos por sí solo inducen a pensar en las posibilidades de aprovechar la energía geotérmica también en Chile, país en que las fuerzas indomables del subsuelo se manifiestan, casi en forma periódica, en la agitación del suelo, estremecido por convulsiones sísmicas y perforado por fisuras volcánicas que arrojan intermitentes masas de lava, escorias, cenizas, gases y vapores.

Antecedentes geológicos.

Los habitantes de Chile continuamente son testigos de las advertencias que nos recuerdan la presencia de energías incalculables debajo de nuestros pies. Estas energías están acumuladas en el interior de la tierra en dos formas: energía de presión y energía calórica.

Se estima que a una profundidad de 600 [km] la presión reinante sea alrededor de 200.000 [kg/cm²] creciendo hasta más de 3.000.000 [kg/cm²] en el centro de la tierra. Es imposible imaginarse la magnitud de tales presiones; más aún cuando se recuerda que las presiones más altas que pueden soportar los materiales más resistentes usados en la técnica son algo más que 5.000 [kg/cm²]. Evidentemente no se puede pensar en utilizar la energía de presión de la tierra; no sólo por su magnitud indomable sino ante todo por la imposibilidad de la regulación de su consumo. Tenemos que resignarnos a ser testigos de las violentas convulsiones que estremecen año en año el suelo de nuestra patria y que demuestran la existencia de estas energías colosales.

Muy diferente se muestra la situación frente a la energía geotérmica o energía calórica de la tierra. Tenemos varias pruebas del calor interior de la tierra. Las tres más importantes son: los volcanes, las fuentes calientes y la temperatura en los pozos, fuentes y minas.

Los volcanes emiten de un modo permanente o temporal vapores, ceniza y corrientes de rocas fundidas (lava). La dispersión de los centros volcánicos por toda la tierra, la abundancia de los materiales que arrojan y su temperatura elevada parecen demostrar la existencia de un núcleo terrestre a elevada temperatura.

Allí donde ha cesado o disminuído la actividad violenta de los volcanes quedan todavía manantiales de aguas termales que se mantienen por centurias y que continúan como vestigio del calor central de la tierra. Hay fuentes termales de elevada temperatura repartidas sobre todo el globo y en Chile se encuentran desde la región de Arica hasta la Antártica.

Pasada la región que se halla bajo la influencia exterior del sol y del calor de la atmósfera, la temperatura del subsuelo no disminuye sino va aumentando con la profundidad aproximadamente en un grado centesimal por cada 30 a 35 metros. Este hecho se puede comprobar en las minas y en pozos profundos. A una profundidad de 50 [km] las rocas ya se encuentran en estado fundido y se estima que el núcleo de la tierra tenga una temperatura de aproximadamente 9.000 [°C]. Como simultáneamente la presión aumenta a la enorme magnitud indicada anteriormente, el núcleo de la tierra se conduce como cuerpo sólido a pesar de su calor.

A base de estudios sismológicos se supone para la estructura de la tierra la siguiente sucesión de capas terrestres: una envoltura granítica exterior, seguida de una basáltica, a continuación una peridotítica, cuyos límites están a una profundidad de aproximadamente 2.900 [km], y por último, el núcleo central, compuesto de una envoltura líquida de sulfuros rodeando al núcleo, propiamente tal, de hierro y níquel.

Fuentes aprovechables de energía geotérmica.

El calor de la tierra de su interior llega a la superficie por dos modos: por conducción y por transición. Enormes cantidades de calor son conducidas continuamente desde el núcleo incandescente de la tierra a través de las diferentes capas hasta su exterior,

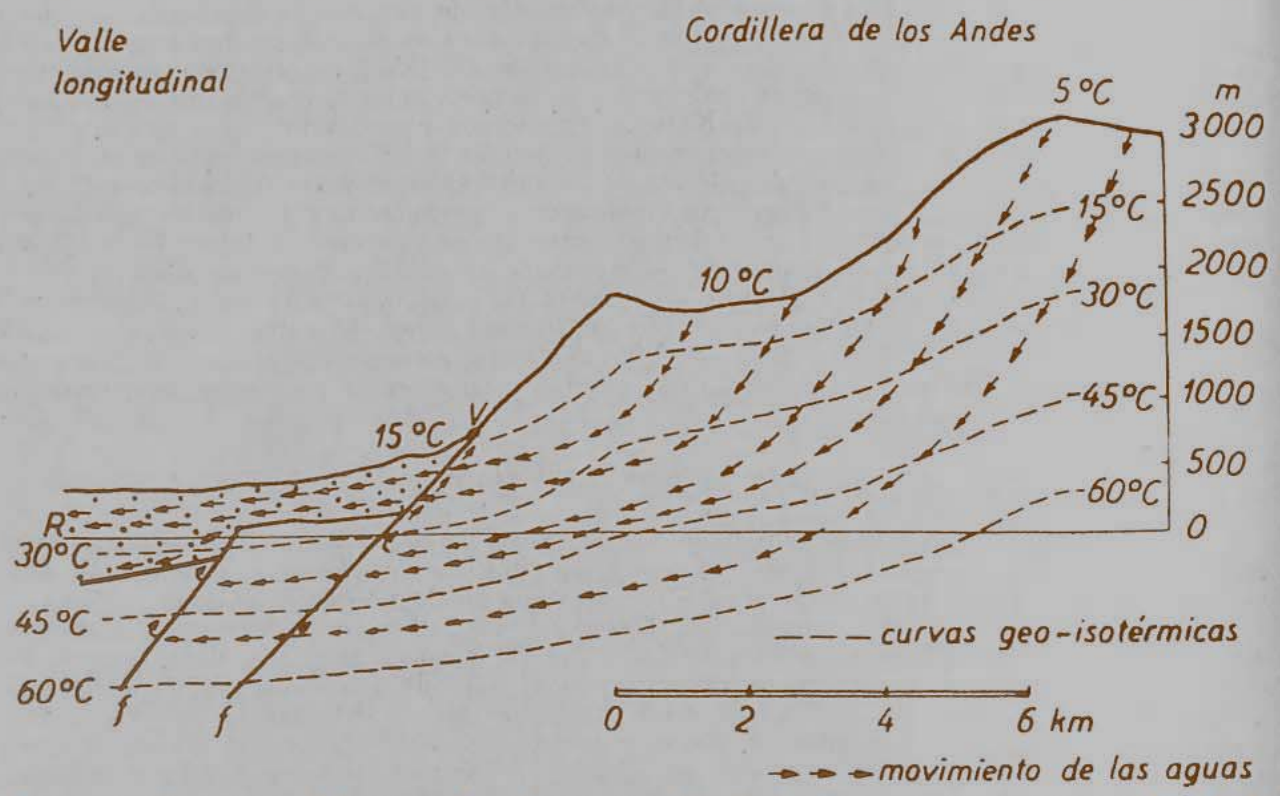


Figura 1. Movimiento del agua subterránea y situación de las líneas geo-isotérmicas al pie de la cordillera (según Juan Brüggen). Las flechas indican el recorrido de las aguas. (f = fallas) (R = rodados y morrenas) V = vertiente termal.

donde son emanadas por ondas electromagnéticas hacia el universo. A consecuencia de esta conducción de energía geotérmica se forman en el subsuelo capas de igual temperatura que crece hacia el interior de la tierra según la gradiente geotérmica mencionada anteriormente. En un corte aparecen estas capas de igual temperatura como curvas geo-isotérmicas. En el esquema de la figura 1 (según Juan Brüggen), estas curvas, que unen los puntos del subsuelo que tienen igual temperatura, están indicadas por líneas segmentadas. Se nota que las curvas geoisotérmicas suben debajo de la falda, aunque en menos grado que ésta. Esto hace pensar en acercarse a las regiones de mayor temperatura desde el pie de la montaña entrando a ella en dirección rectangular contra las líneas geo-isotérmicas para tener así una especie de horno natural donde podría calentarse agua hasta transformarla en vapor. Efectivamente, según una noticia publicada el año pasado en la revista italiana "Domenica del Corriere", al pie del volcán Vesubio actualmente se hacen perforaciones con este objeto.

En realidad, el hombre así está imitando un proceso que realiza la naturaleza permanentemente. Las aguas fundidas de las nieves descienden lentamente por las estrechas grietas de la roca, calentándose paulatinamente hasta la temperatura correspondiente a la profundidad alcanzada. Llegando a alguna falda, parte del agua calentada puede subir hasta la superficie formando una vertiente termal, un chorro de vapor o un geiser.

Así tenemos el segundo modo de propagación de la energía calórica de la tierra; la transición del calor. Según su origen, el agua de las vertientes termales se clasifica en dos grupos. Las que son de origen volcánico se llaman aguas profundas o volcánicas, en cambio, las que provienen de las precipitaciones atmosféricas, que después de haberse filtrado en el subsuelo y calentado en su recorrido reaparecen a mayor o menor distancia, son denominadas como aguas vadosas. Las mezclas de aguas de los dos orígenes se llaman aguas minerales mixtas.

Las aguas profundas son producidas por la desgasificación del magma ígneo situado en el interior de la tierra a una profundidad de varios kilómetros. Con una presión elevada y alta temperatura los gases suben por grietas y en su camino se enfrían hasta finalmente emanar de la superficie. Según la distancia del magma el vapor de agua surge en este mismo estado (punto 1 del esquema de la figura 2) o se condensa y el agua formada

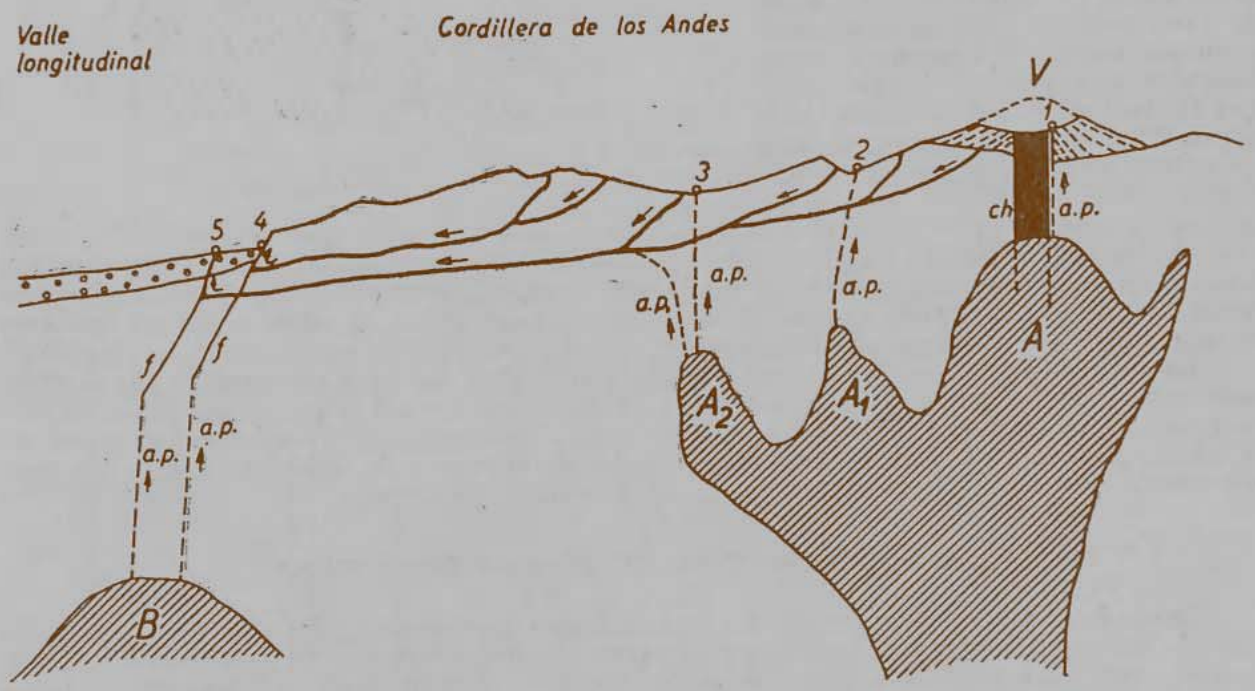


Figura 2. Perfil por la Cordillera de Los Andes y la situación de las vertientes termales (según Juan Brüggen). Las flechas indican el movimiento del agua en las grietas.

A y B = depósito de magma	V = volcán apagado
ch = chimenea del volcán rellenada por lava endurecida	f = falla
	ap = aguas profundas
	R = rodados y morrenas

de esta manera sigue subiendo por las grietas de la roca hasta salir como vertiente termal (puntos 2 y 3 del esquema). La temperatura con que el agua termal aparece en la superficie, depende en primera línea de la mayor o menor velocidad con que atraviesa los últimos cientos de metros cercanos a la superficie, donde se produce un enfriamiento más rápido.

Las aguas vadosas son de origen meteorológico y son formadas por las lluvias y nieve o por condensación de vapor de agua de la atmósfera en las porosidades del suelo. La mayor parte de estas aguas alimenta los esteros y ríos, sólo una parte muy reducida se infiltra en las grietas de las rocas y alcanza a descender hasta la profundidad de dos o tres kilómetros. Allí se calienta según la mayor o menor gradiente geotérmica y vuelve a la superficie con la temperatura correspondiente.

Frecuentemente las aguas profundas antes de surgir a la superficie se encuentran con agua subterránea fría en las rocas, o son arrastradas por aguas vadosas (puntos 4 y 5 del esquema de la figura 2). En este último caso tenemos aguas minerales mixtas. Generalmente, la mezcla de aguas profundas con otras causa un descenso considerable de su temperatura.

Aparte de la emanación continua de los chorros de vapor volcánico (fumarolas) y de las vertientes termales existen emanaciones intermitentes que son conocidas como geisers. Su característica principal es la intermitencia de sus erupciones. Generalmente, las erupciones cortas son interrumpidas por períodos de inactividad de diferente duración. Para los geisers del Tatio el Dr. Juan Brüggen ha dado la siguiente explicación (vea fig. 3):

"En la roca irregularmente agrietada hay un canal de forma de sifón ABCD que está lleno de agua vadosa proveniente de filtraciones de aguas atmosféricas. De abajo, de una fuente de calor, que puede ser una masa de lava todavía no enfriada, sube calor en forma de vapores o gases calientes que rellena el tubo entre D y C. Aumentando la temperatura y la presión empujan la columna de agua C-B hacia arriba que sube en el tubo vertical B-A hasta que los vapores mismos entran al tubo vertical escapando hacia arriba, con lo que se produce la erupción de vapor. Habiéndose agotado el vapor acumulado durante mayor tiempo (minutos u horas) termina la erupción, porque la producción continua de vapores que vienen de mayores honduras, es relativamente escasa. El agua fría vadosa rellena el sifón y pasará bastante tiempo hasta que se haya acumulado suficiente presión para la repetición de la erupción".

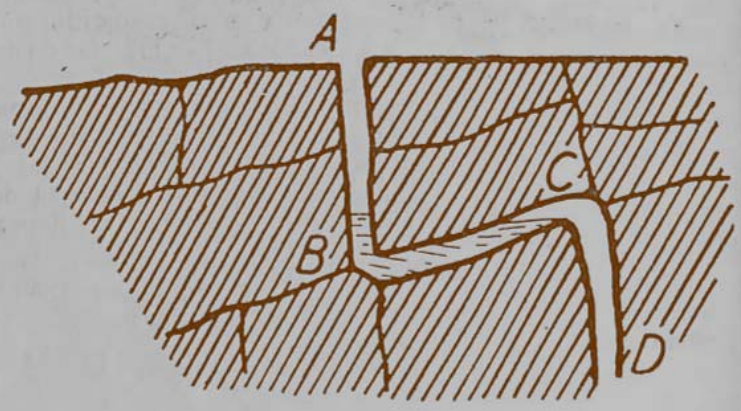


Figura 3.

La actividad de la salida de vapor cambia con el nivel del agua subterránea. Al cambiar este nivel se puede transformar un geiser en vertiente termal o viceversa, mientras que la fuente de calor queda la misma. Así tenemos, generalmente, vertientes termales en la llanura, donde el agua subterránea está cerca de la superficie, mientras que en los puntos donde esta agua no llega fácilmente se producen los geisers.

Los diferentes tipos de plantas geotérmicas.

Después de haber considerado los antecedentes geológicos y las fuentes aprovechables de energía geotérmica, podemos ocuparnos de los diferentes tipos de plantas destinadas a utilizar esta energía. Según el medio que trae el calor desde el interior de la tierra se distingue entre dos grupos de plantas geotérmicas: las que sirven para aprovechar los vapores de origen volcánico y las que son alimentadas por vertientes termales.

El primer ensayo coronado de éxito para utilizar el vapor volcánico como medio motriz para hacer funcionar una máquina a vapor fué realizado en Larderello por el príncipe Piero Ginori-Conti hace casi exactamente cincuenta años. Se trataba de una máquina de 0,75 [cv] que usaba el vapor volcánico directamente con una presión absoluta de 4,5 [kg/cm²]. En el tiempo transcurrido se ha perfeccionado tanto la utilización del vapor

volcánico que se ha llegado a instalar grupos para generar fuerza eléctrica con una potencia de 25.000 [kW] cada uno y fueron puestos en marcha en 1950. En total hay más de veinte grupos turbo-alternadores que funcionan sólo en Italia en la región de Larderello.

El vapor volcánico puede ser utilizado en forma directa o indirecta. Las primeras plantas geotérmicas usaron el vapor natural directamente, método que fué reemplazo primeramente por la utilización indirecta pero que últimamente se aplica de nuevo. En el esquema de la figura 4 está indicado el funcionamiento de una planta que utiliza directamente el vapor natural. Desde el sifón (1), donde llega el vapor natural de la perforación,

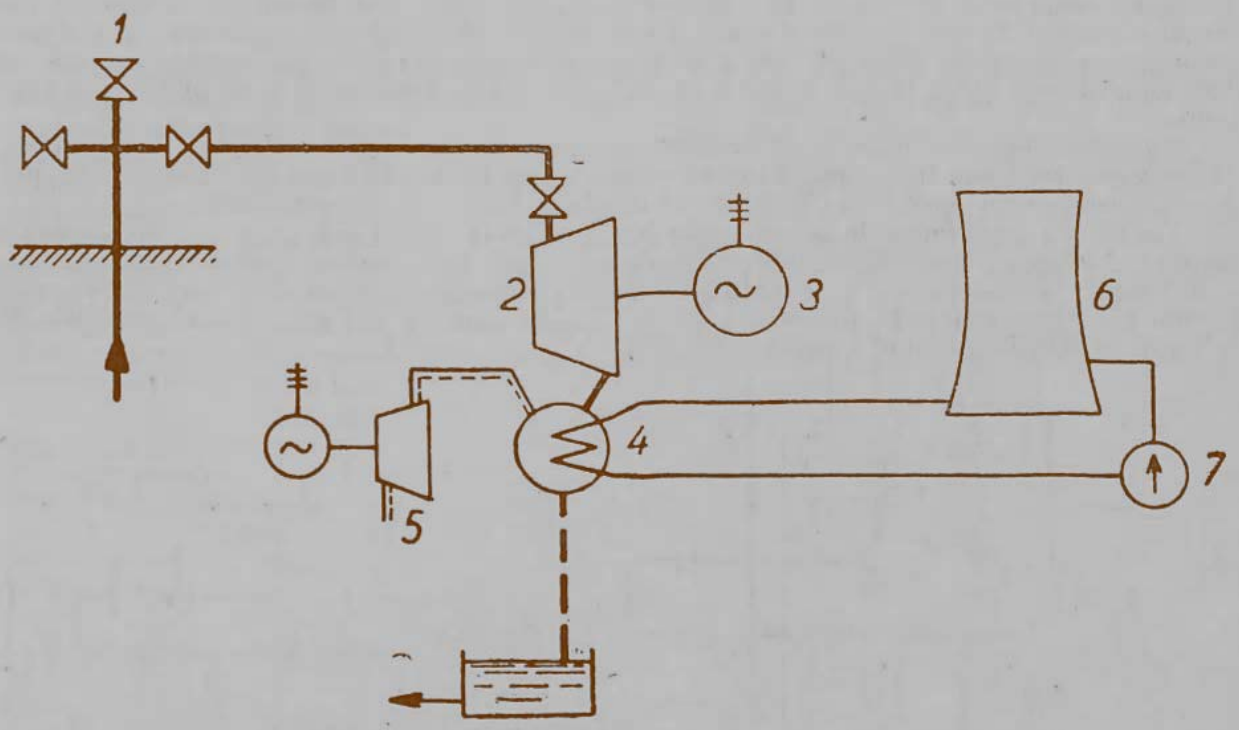


Figura 4. Utilización directa de la energía calórica del vapor natural. 1: sifón; 2: turbina; 3: alternador; 4: condensador; 5: turboaspirador; 6: torre de refrigeración; 7: bomba.

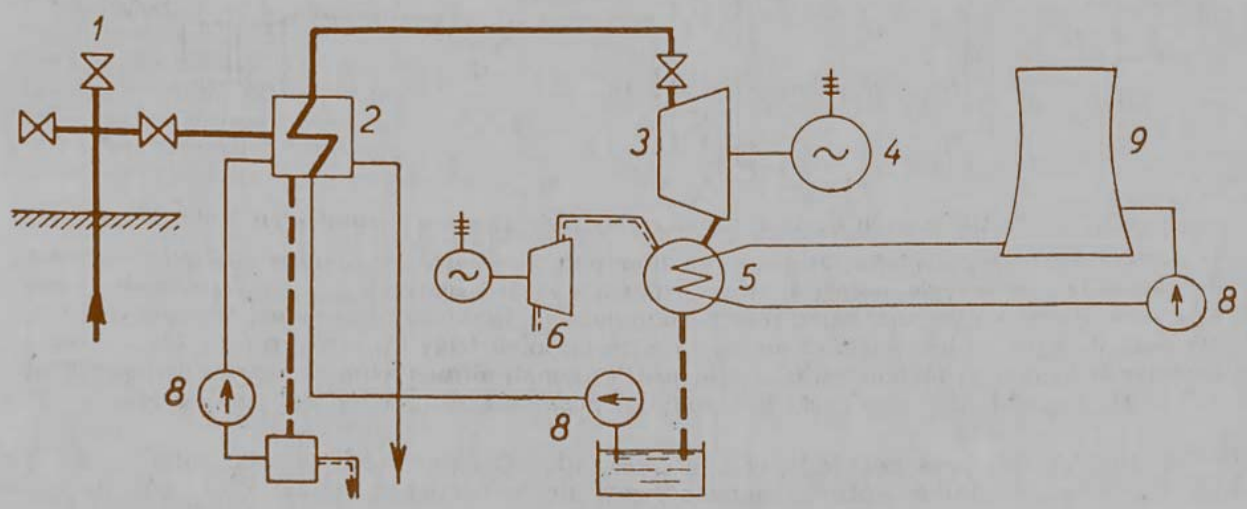


Figura 5. Utilización indirecta de la energía calórica del vapor natural. 1: sifón; 2: intercambiador de calor; 3: turbina; 4: alternador; 5: condensador; 6: bomba de vacío; 7: torre de refrigeración; 8: bomba de circulación; 9: separador del condensado.

éste es conducido directamente a la turbina (2) que impulsa al alternador (3). Después de haber entregado gran parte de su energía calórica a la turbina pasa al condensador (4) de donde finalmente el agua condensada con su contenido mineral es llevada a las instalaciones de fabricación química. El vacío necesario en el condensador es mantenido por medio del turbo-aspirador (5) que separa simultáneamente los gases incondensables que acompañan el vapor natural. Para la refrigeración del condensador hay un circuito secundario de agua fría con su torre de refrigeración (6) y bomba de circulación (7).

En su utilización indirecta el vapor natural no llega hasta la turbina sino sirve para vaporizar agua pura dentro de un intercambiador de calor que reemplaza la caldera del circuito normal de una turbina a vapor. En el esquema de la fig. 5 se puede ver que el vapor natural que viene del sifón (1) entra al intercambiador de calor (2) donde, después de haberse enfriado hasta la temperatura de saturación correspondiente a su presión, se condensa.

El calor liberado, tanto en el enfriamiento como en la condensación, sirve para calentar y vaporizar agua fría, pura. El condensado, antes de seguir hacia las instalaciones químicas, pasa por un separador (9) donde se eliminan los gases, incondensables.

La planta geotérmica de las minas de Katanga en el Congo belga, que utiliza la energía calórica de fuentes termales, es la primera de este tipo. En principio —y sin considerar las instalaciones auxiliares— el proceso que se realiza en esta planta es muy parecido a aquel ideado por Claude para la utilización de la energía calórica del mar. En el esquema de la figura 6 está indicado el funcionamiento de la nueva planta.

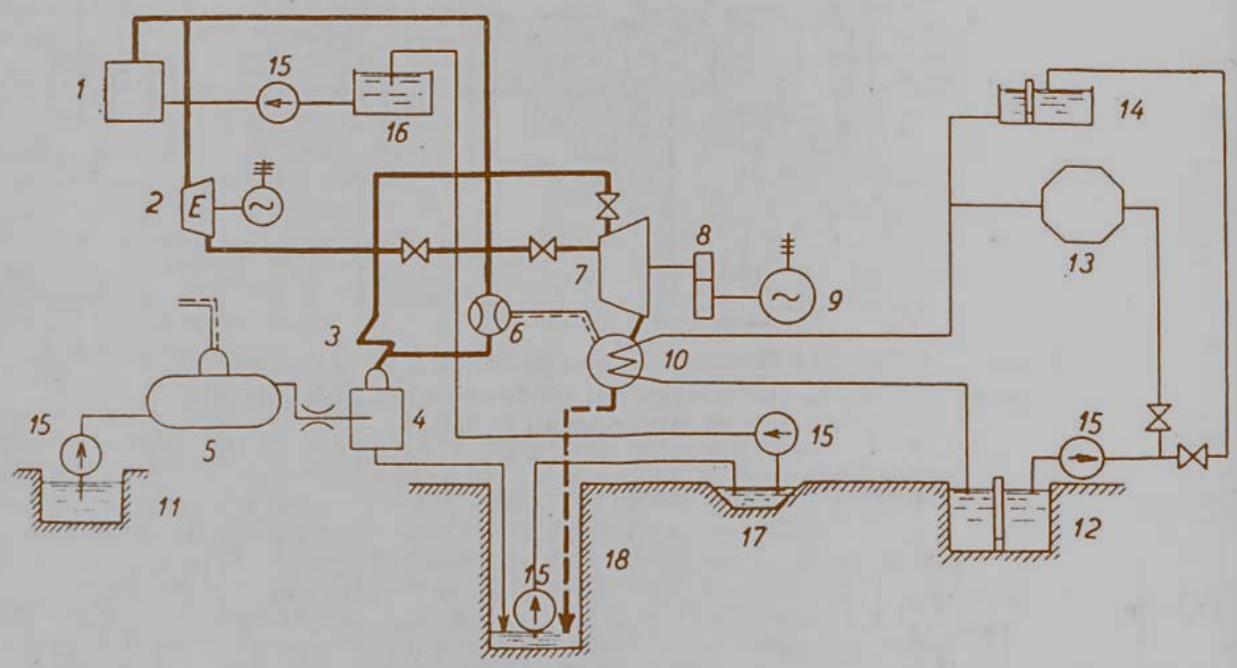


Figura 6. Utilización de la energía calórica de fuentes termales en Katanga.

1: caldera auxiliar para leña; 2: grupo auxiliar para la puesta en marcha (máquina a vapor de émbolo); 3: sobrecalentador; 4: vaporizador a vacío; 5: acumulador y separador de gases; 6: eyector de vapor; 7: turbina; 8: transmisión por engranaje; 9: alternador; 10: condensador; 11: pozo de agua caliente; 12: estanque interior de agua fria; 13: refrigerador; 14: estanque superior de agua fría; 15: bomba; 16: recipiente de agua de alimentación para la caldera auxiliar; 17: canal de desagüe hacia la mina; 18: pozo de acumulación del condensado.

La turbina (7) está acoplada con el alternador (9) por medio de engranajes (8). La caída de calor disponible entre el agua caliente de la vertiente termal y el agua de refrigeración que pasa por el condensador (10) de la turbina es aprovechada para producir vapor y se transforma en energía mecánica de la turbina. Para la puesta en marcha sirve una pequeña caldera de leña (1) que alimenta un pequeño grupo motriz auxiliar (2) y un eyector a vapor (6) que mantiene el vacío en el condensador. Este eyector es de dos etapas y el vapor que sale de la segunda etapa es utilizado para sobrecalentar algo el vapor

producido en el vaporizador a vacío (4) al pasar por el sobrecalentador (3). El agua caliente de la vertiente es elevada por medio de bombas y antes de entrar al vaporizador es desairada en el acumulador y separador de gases (5). El agua de refrigeración llega al condensador con una caída natural desde un estanque superior (14) que se encuentra a cierta altura encima de la planta. El agua de refrigeración que sale del condensador es recogida en un estanque inferior (12) de donde es elevada hacia un refrigerador (13) o hasta el estanque superior según las necesidades del servicio. El condensado se acumula en un pozo (18) y por medio de una bomba es elevado a un canal de desagüe (17) que en su mayor parte lo lleva a la mina. Una pequeña parte es elevada al recipiente de agua de alimentación para la caldera auxiliar (16).

Sin duda esta nueva planta significa un gran paso adelante en el aprovechamiento de la energía geotérmica. Aún para regiones volcánicas de pronunciada escasez de aguas podría aplicarse el mismo sistema reemplazando la vertiente termal natural por una artificial. En el esquema de la figura 7 está indicada en principio tal vertiente termal artificial. Dos tubos concéntricos son bajados a gran profundidad, hasta llegar a regiones de temperatura suficientemente elevada. Por el tubo exterior baja agua fría que por su mayor densidad hace subir el agua, calentada durante su bajada, dentro del tubo interior que está envuelto por un buen aislamiento térmico.

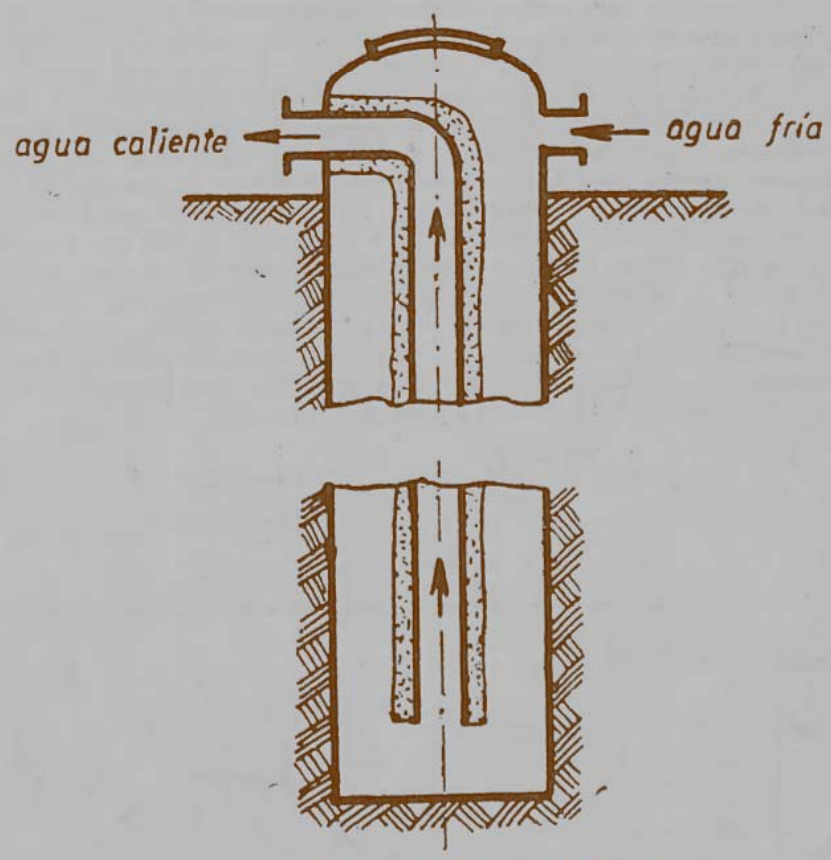


Figura 7. Vertiente termal artificial.

Cálculo termodinámico.

Para poder estudiar la posibilidad de aprovechar la energía geotérmica que se ofrece en alguna región en cualquiera de las formas descritas anteriormente, es indispensable saber qué caudales de vapor o de agua se necesitan para poder generar cierta potencia. Para el caso del vapor volcánico esto es relativamente sencillo, especialmente, cuando se trata de la utilización directa del vapor, y el problema puede resolverse por medio del diagrama de entalpía para vapor de agua. Un ejemplo puede ilustrar mejor el procedimiento.

El Dr. Ing. Alfredo Mazzoni da en su obra "I Soffioni Boraciferi Toscani e Gli Impianti Della Larderello" los siguientes valores para un caso de utilización directa del vapor natural (página 84 de la obra citada). El vapor entra a la turbina con una presión absoluta de 4,40 [kg/cm²] a una temperatura de 185 [°C] y sale con una presión absoluta de 1,08 [kg/cm²] a una temperatura de 105 [°C]. El consumo específico de vapor es 19 [kg/kWh].

Según el diagrama Mollier la entalpía del vapor en su estado inicial es: $i_1 = 675{,}3$ [kcal/kg]. Por expansión adiabática hasta la presión final se obtiene la entalpía $i_2 = 615{,}3$ [kcal/kg] para el estado teórico final y sin considerar que los valores deben diferir algo por no tratarse de vapor de agua pura. La caída de calor, teóricamente, disponible es, por lo tanto:

$$\Delta i = i_1 - i_2 = 675{,}3 - 615{,}3 = 60{,}0 \text{ [kcal/kg]}.$$

El consumo teórico correspondiente a la potencia de 1 [kW] sería

$$G_{teor} = \frac{860}{\Delta i} = \frac{860}{60} = 14{,}3 \quad \left[\frac{\text{kg/h}}{\text{kW}}\right]$$

El consumo efectivo es:

$$G_{ef} = 19 \quad \left[\frac{\text{kg/h}}{\text{kW}}\right]$$

de manera que el rendimiento de la instalación referido a la caída teóricamente disponible es:

$$\eta_i = \frac{G_{teor}}{G_{ef}} = \frac{14{,}3}{19} = 0{,}755 \quad [-]$$

Conocido este valor, es fácil determinar el consumo específico de vapor para cualquier planta geotérmica semejante. Obviamente puede disminuirse considerablemente el consumo específico cuando se hace condensar el vapor a una presión más baja.

Mucho más complicado resulta la determinación del consumo en el caso de utilizarse la energía calórica de fuentes termales porque las condiciones de servicio no están predeterminadas. La temperatura de equilibrio t_1 que se produce en el vaporizador a vacío puede variar mucho. Sus límites son la temperatura t_0 con que llega el agua caliente de la vertiente por un lado y la temperatura t_2 que reina en el condensador por el otro. En ambos casos el rendimiento es cero, porque si la temperatura del agua no baja en el vaporizador esto significa que no se produce vapor y si no hay diferencia entre la temperatura con que entra el vapor a la turbina y la que reina en el condensador no puede haber caída de calor y, por lo tanto, tampoco se mueve la turbina. Entre ambos extremos debe existir un óptimo. A continuación se dará un breve resumen matemático para encontrar este óptimo y cuyos resultados, según nuestros conocimientos, no fueron determinados anteriormente.

Con referencia al diagrama de entropía de la figura 8 tenemos:

(1) $A \cdot L = i_1 - i_2$ [kcal/kg]

con $i_1 = i_2 + r_1$ [kcal/kg]

e $i_2 = i_3 + x_2 \cdot r_2$ [kcal/kg[

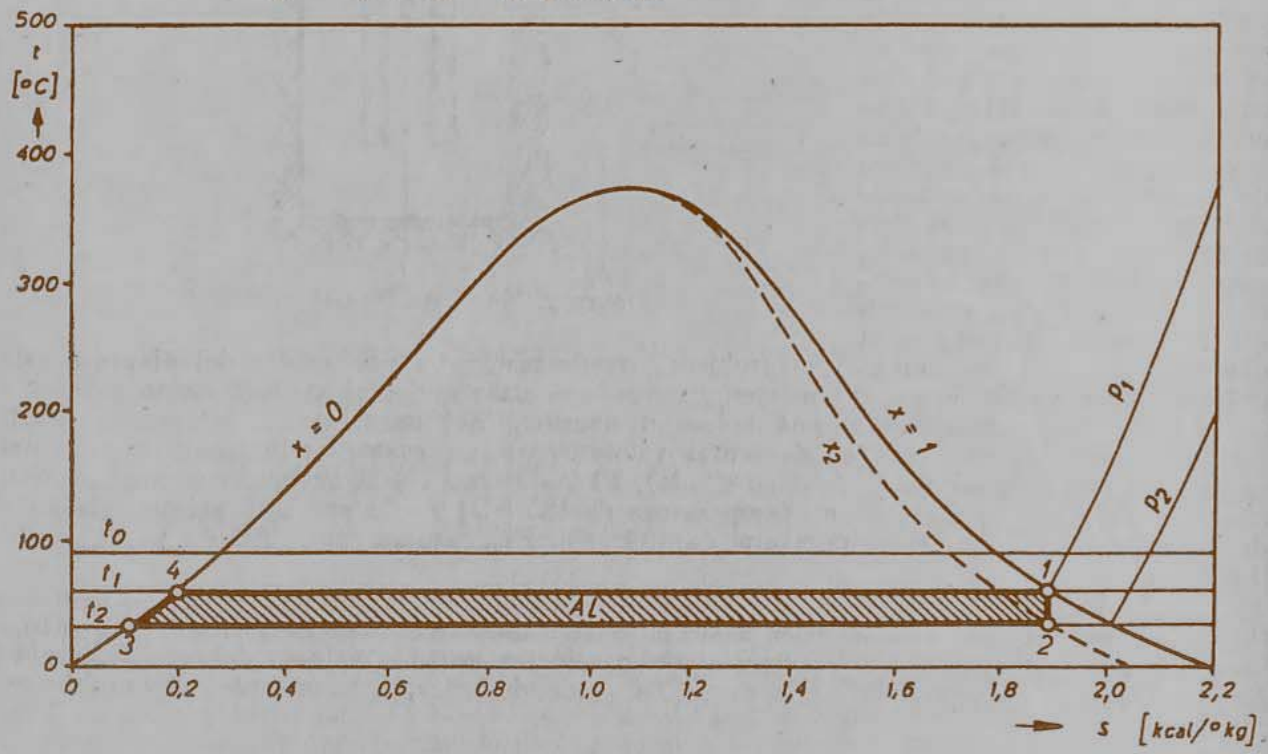


Figura 8.

Entre los límites de temperatura posibles para vertientes termales, las entalpías del agua saturada numéricamente son casi iguales a las temperaturas. De manera que podemos escribir:

(2) $$i_1 = t_1 + r_1 \quad [\text{kcal/kg}]$$

(3) e $$i_2 = t_2 + x_2 \cdot r_2 \quad [\text{kcal/kg}]$$

(para que las ecuaciones sean dimensionalmente correctas las temperaturas deberían estar multiplicadas por la capacidad calórica específica del agua cuyo valor es uno).

Para la expansión adiabática a entropía constante tenemos:

(4) $$s_1 = \ln \frac{T_1}{273} + \frac{r_1}{T_1} \quad [\text{kcal/°kg}]$$

y

(5) $$s_2 = \ln \frac{T_2}{273} + \frac{x_2 \cdot r_2}{T_2} \quad [\text{kcal/°kg}]$$

Haciendo $s_1 = s_2$ resulta:

$$\frac{x_2 \cdot r_2}{T_2} = \ln \frac{T_1}{273} - \ln \frac{T_2}{273} + \frac{r_1}{T_1} = \ln \frac{T_1}{T_2} + \frac{r_1}{T_1}$$

o bien:

$$x_2 \cdot r_2 = T_2 \cdot \ln \frac{T_1}{T_2} + r_1 \cdot \frac{T_2}{T_1} \quad [\text{kcal/kg}]$$

reemplazando en ecuación (3) se obtiene

(6) $$i_2 = t_2 + r_1 \cdot \frac{T_2}{T_1} - T_2 \cdot \ln \frac{T_2}{T_1} \quad [\text{kcal/kg}]$$

Substituyendo ecuaciones (6) y (7) en (1) tenemos:

(7) $$A \cdot L = (T_1 - T_2) \cdot \left(1 + \frac{r_1}{T_1}\right) + T_2 \cdot \ln \frac{T_2}{T_1} \quad [\text{kcal/kg}]$$

Durante el proceso de la autovaporización tenemos dos fenómenos simultáneos: la vaporización y el enfriamiento del agua restante. Esto queda expresado por las dos siguientes ecuaciones diferenciales:

(8) $$dQ = - r \cdot d\Gamma \quad [\text{kcal/kg}]$$

(9) $$dQ = - \Gamma \cdot c \cdot dT \quad [\text{kcal/kg}]$$

donde Γ significa el peso del agua necesaria para producir un kilógramo de vapor.

Entre los límites de 0 y 100 [°C] el calor de vaporización para agua puede ser reemplazado por la función lineal:

(10) $$r = a - b \cdot T \quad [\text{kcal/kg}]$$

donde las constantes, según E. Schmidt, son:

$$a = 755{,}5 \quad [\text{kcal/kg}] \qquad \text{y } b = 0{,}58 \quad [\text{kcal/°kg}]$$

Igualando las ecuaciones (8) y (9) e introduciendo para el calor de vaporización la ecuación anotada y para la capacidad calórica específica del agua $b = 1$ [kcal/°kg] se obtiene por integración:

$$\int_{\Gamma}^{\Gamma-1} \frac{d\Gamma}{\Gamma} = \int_{T_0}^{T_1} \frac{dT}{a - b \cdot T} \qquad [-] \tag{11}$$

y

$$\ln \frac{\Gamma - 1}{\Gamma} = - \frac{1}{b} \cdot \ln \frac{a - b \cdot T_1}{a - b \cdot T_0} \qquad [-] \tag{12}$$

Despejando Γ, resulta:

$$\Gamma = \frac{1}{1 - \left(\frac{a - b \cdot T_0}{a - b \cdot T_1} \right)^{1/b}} \qquad \left[\frac{kg}{kg} \right] \tag{13}$$

Reemplazando la ecuación (10) en (7) tenemos para la energía calórica teóricamente disponible:

$$A \cdot L = (T_1 - T_2) \cdot \left(1 - b + \frac{a}{T_1} \right) - T_2 \cdot \ln \frac{T_1}{T_2} \qquad [kcal/kg]. \tag{14}$$

El contenido de calor del agua caliente de la vertiente termal es $\Gamma \cdot t_0$ [kcal/kg] con que resulta para el rendimiento térmico:

$$\eta_{term} = \frac{A \cdot L}{\Gamma \cdot t_0} \qquad [-] \tag{15}$$

Reemplazando las ecuaciones (13) y (14) y haciendo la primera derivada de este rendimiento, con T_1 como variable, igual a cero, tenemos:

$$\frac{d\,\eta_{term}}{d\,T_1} = 0 \tag{16}$$

y:

$$A \cdot L = \left[1 - b + \frac{T_2}{T_1} \cdot \left(\frac{a}{T_1} - 1 \right) \right] \cdot \left[\left(\frac{a - b \cdot T_1}{a - b \cdot T_2} \right)^{1/b} - 1 \right] \cdot (a - b \cdot T_1) \tag{17}$$

$$= (T_1 - T_2) \cdot \left(1 - a + \frac{a}{T_1} \right) - T_2 \cdot \ln \frac{T_1}{T_2} \qquad [kcal/kg]$$

De esta ecuación se han determinado gráficamente los valores de T_1 correspondientes al rendimiento térmico máximo para diferentes T_0 y T_2. Los resultados se encuentran en las tablas y diagramas siguientes, que permiten determinar el caudal mínimo necesario para generar cierta potencia por medio de la energía calórica contenida en una fuente termal.

Tabla I.—Rendimiento térmico máximo en función de las temperaturas t_o, t_1 y t_2.

t_o [°C]	t_1 [°C]	$A \cdot L$ [kcal/kg]	Γ [kg/kg]	$\Gamma \cdot i_o$ [kcal/kg]	η_{term} [%]
a) t_2 = 20 [°C]					
50	34,78	28,03	38,14	1907,0	1,47
55	37,20	32,35	32,56	1790,9	1,81
60	39,62	36,62	28,40	1704,1	2,15
65	42,03	40,80	25,16	1635,2	2,50
70	44,43	44,88	22,57	1580,1	2,84
75	46,80	48,87	20,45	1533,5	3,19
80	49,19	52,82	18,68	1494,2	3,54
85	51,57	56,71	17,17	1459,5	3,89
90	53,94	60,49	15,91	1432,2	4,22
95	56,30	64,23	14,81	1407,2	4,56
100	58,66	67,89	13,84	1384,1	4,90
b) t_2 = 25 [°C]					
50	37,34	23,11	45,75	2287,3	1,01
55	39,78	27,45	38,01	2090,4	1,31
60	42,21	31,70	32,41	1944,9	1,63
65	44,64	35,89	28,27	1837,7	1,95
70	47,02	39,96	25,03	1752,2	2,28
75	49,43	43,99	22,46	1684,7	2,61
80	51,83	47,96	20,35	1628,3	2,95
85	54,23	51,82	18,60	1581,1	3,28
90	56,59	55,62	17,12	1640,8	3,61
95	58,96	59,36	15,84	1504,3	3,95
100	61,32	63,02	14,74	1473,6	4,28
c) t_2 = 30 [°C]					
50	39,90	18,31	56,98	2849,0	0,64
55	42,35	22,64	45,51	2503,1	0,91
60	44,78	26,92	37,79	2267,6	1,19
65	47,21	31,08	32,25	2096,1	1,48
70	49,63	35,20	28,14	1969,6	1,79
75	52,04	39,20	24,92	1868,9	2,10
80	54,44	43,13	22,36	1788,9	2,41
85	56,85	47,02	20,25	1721,3	2,73
90	59,23	50,81	18,48	1663,6	3,05
95	61,61	54,56	17,04	1618,4	3,37
100	63,98	58,21	15,78	1577,5	3,69

t_o [°C]	t_1 [°C]	$A \cdot L$ [kcal/kg]	Γ [kg/kg]	$\Gamma \cdot i_o$ [kcal/kg]	η_{term} [%]
d) t_2 = 35 [°C]					
50	42,44	13,59	76,05	3802,2	0,36
55	44,90	17,93	56,79	3123,2	0,57
60	47,35	22,18	45,70	2742,2	0,81
65	49,80	26,37	37,59	2443,6	1,08
70	52,22	30,47	32,13	2249,4	1,35
75	54,65	34,50	28,03	2102,0	1,64
80	57,06	38,42	24,82	1985,6	1,93
85	59,48	42,32	22,25	1891,4	2,24
90	61,85	46,11	20,17	1815,6	2,54
95	64,26	49,84	18,44	1751,5	2,85
100	66,64	53,52	16,96	1695,8	3,16
e) t_2 = 40 [°C]					
50	44,97	8,98	114,29	5714,3	0,16
55	47,44	13,31	75,82	4169,8	0,32
60	49,91	17,60	56,63	3397,5	0,52
65	52,36	21,77	45,05	2927,9	0,74
70	54,81	25,85	37,47	2622,7	0,99
75	57,23	29,87	32,00	2400,0	1,24
80	59,66	33,80	27,93	2234,0	1,51
85	62,07	37,68	24,67	2097,2	1,80
90	64,48	41,47	22,12	1990,7	2,08
95	66,88	45,21	20,08	1907,2	2,37
100	69,28	48,89	18,36	1835,5	2,66

Tabla II.—Caudal necesario para una potencia generada de 100 [kW] en función de t_o y t_2.

t_2 [°C]	20	25	30	35	40
t_o [°C]	Caudal en [m³/min]				
50	3,901	5,676	8,922	16,044	36,489
55	2,886	3,970	5,763	9,081	16,332
60	2,223	2,931	4,025	5,907	9,225
65	1,768	2,258	2,975	4,087	5,933
70	1,442	1,796	2,292	3,023	4,156
75	1,200	1,464	1,823	2,329	3,178
80	1,014	1,217	1,486	1,852	2,369
85	0,868	1,029	1,235	1,507	1,877
90	0,754	0,882	1,043	1,254	1,529
95	0,661	0,765	0,895	1,061	1,273
100	0,584	0,671	0,777	0,909	1,077

Tabla III.—Variación del rendimiento térmico en función de t_1 para t_o = 91,11 [°C] y t_2 = 31,11 [°C] (planta Katanga).

t_1 [°C]	$A \cdot L$ [kcal/kg]	Γ [kg/kg]	$\Gamma \cdot i_o$ [kcal/kg]	η_{term} [%]
36	9,153	10,67	972,1	0,942
41	18,205	11,66	1062,0	1,714
46	26,964	12,86	1171,3	2,302
51	35,443	14,35	1307,7	2,710
54	40,403	15,45	1407,5	2,871
57	45,270	16,74	1525,6	2,967
59	48,465	17,74	1616,6	2,998
60,36	50,615	18,49	1684,7	3,004
63	54,738	20,14	1835,0	2,983
65	57,817	21,64	1971,3	2,933
68	62,367	24,33	2216,8	2,813
71	66,837	27,84	2536,5	2,635
76	74,113	36,76	3349,7	2,213
81	81,182	54,61	4976,0	1,631
86	88,052	107,11	9759,0	0,902

Para el cálculo del caudal necesario para una potencia generada de 100 [kW] indicado en la tabla II y en el diagrama 6 se ha supuesto un rendimiento de 50 [%] referente a la energía calórica $A \cdot L$ teóricamente disponible. Así tenemos:

$$V_{agua} = \frac{\Gamma \cdot 860 \cdot N_{el}}{\gamma_{agua} \cdot 60 \cdot \eta \cdot A \cdot L} \quad [m^3/min] \tag{18}$$

Para una potencia de 100 [kW] y con el peso específico del agua de $\gamma_{agua} = 1000$ [kg/m³] resulta:

$$V_{agua} = 2{,}867 \cdot \frac{\Gamma}{A \cdot L} \quad [m^3/min]$$

La planta geotérmica de Katanga usa agua termal que entra al vaporizador a vacío con la temperatura t_o = 91,11 [°C] y la temperatura que reina en el condensador es t_2 = 31,11 [°C]. Según los cálculos realizados, la temperatura de equilibrio en el vaporizador y de entrada a la turbina para el mejor rendimiento térmico sería: t_1 = 60,36 [°C]. Para estas condiciones resulta según el diagrama 6 un consumo de algo más de 1 [m³/min] para la potencia de 100 [kW]. Según los datos publicados en la revista "Engineering" Vol. 174, N.° 4530 del 21 de Noviembre de 1952, el caudal de agua caliente que se gasta para una potencia de 200 [kW] es de 31.750 [gal/h] lo que equivale aproximadamente a 2,5 [m³/min]. Refiriéndolo a una potencia de 100 [kW] resulta un consumo de 1,14 [m³/min] lo que está de acuerdo con nuestros cálculos.

Según la misma publicación, el vapor producido sale del vaporizador con una temperatura de 70,0 [°C] a lo que corresponde un rendimiento térmico de 2,7 [%] que es algo inferior al máximo de 3,0 [%] como puede verse en la tabla III o en el diagrama 7.

Antecedentes sobre la posibilidad de aprovechar la energía geotérmica en Chile.

En un artículo publicado en la revista "Scientia" de la Universidad Técnica Federico Santa María, (Vol. XVI N.° 3 de Septiembre de 1949) y que se ocupaba del consumo de energía de Chile, el autor expresó con referencia a la utilización de la energía geotérmica

que "hasta ahora no hay instalaciones de este tipo y según creemos, ni en proyecto". Mientras tanto la situación ha cambiado algo porque, si bien es cierto que todavía no se ha elaborado proyecto alguno preciso para aprovechar la energía calórica de la tierra, por otra parte no hay duda que este problema ha despertado el interés público y se ha formado recientemente la "Sociedad Minera Explotadora del Tatio" que estudia seriamente las posibilidades de instalar una planta geotérmica en los faldos de los volcanes del Tatio para utilizar la energía calórica de sus geisers.

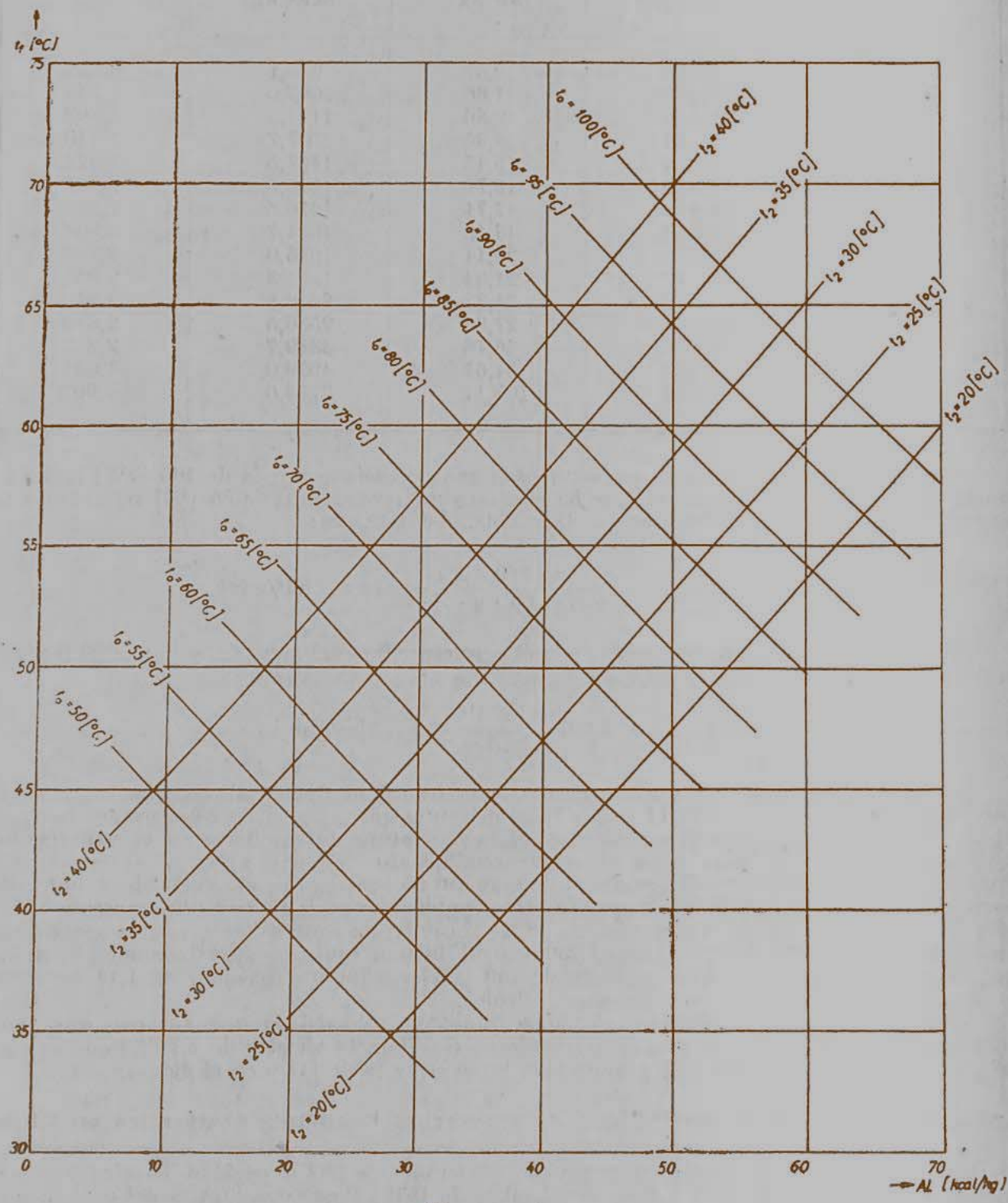


Diagrama 1.

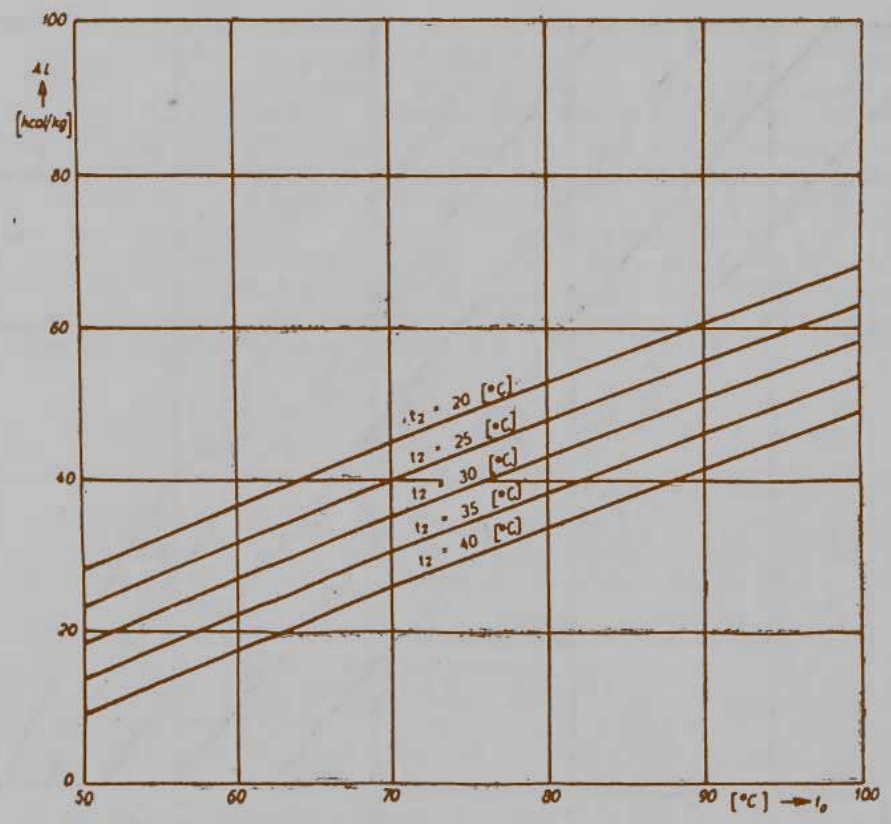


Diagrama 2.

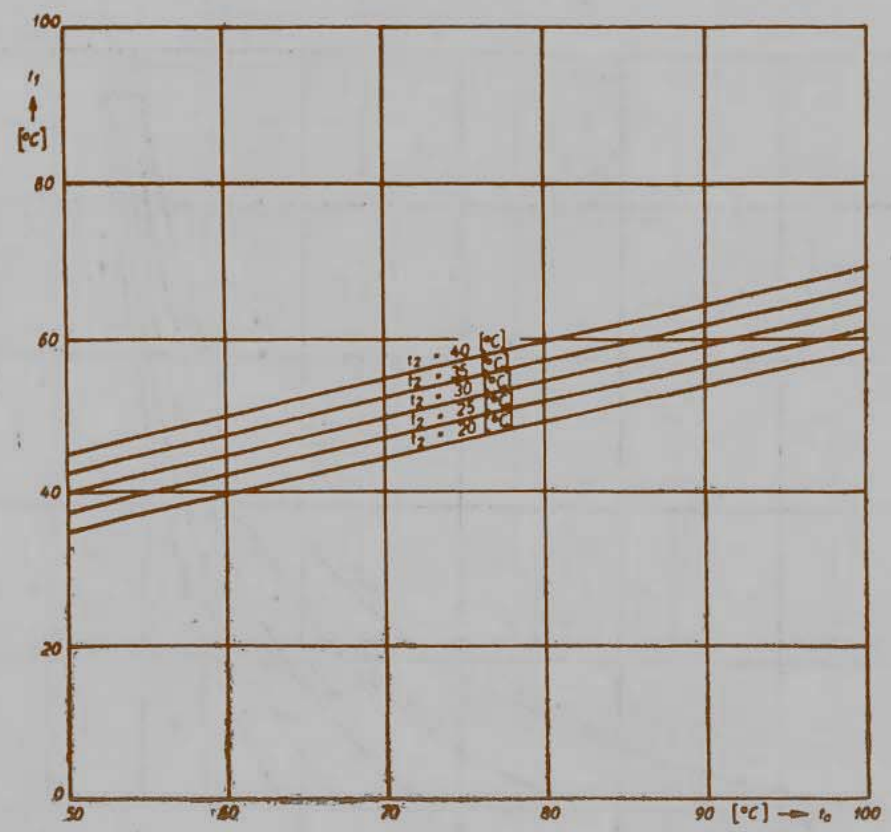


Diagrama 3.

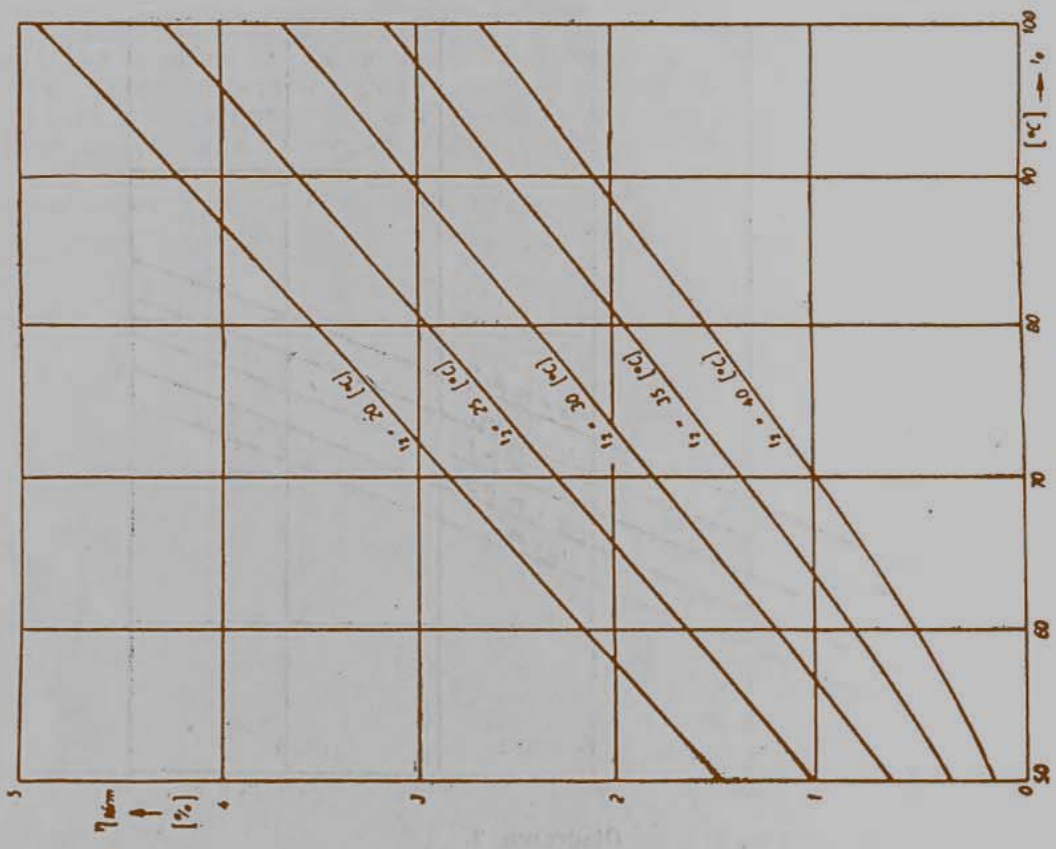


Diagrama 4.

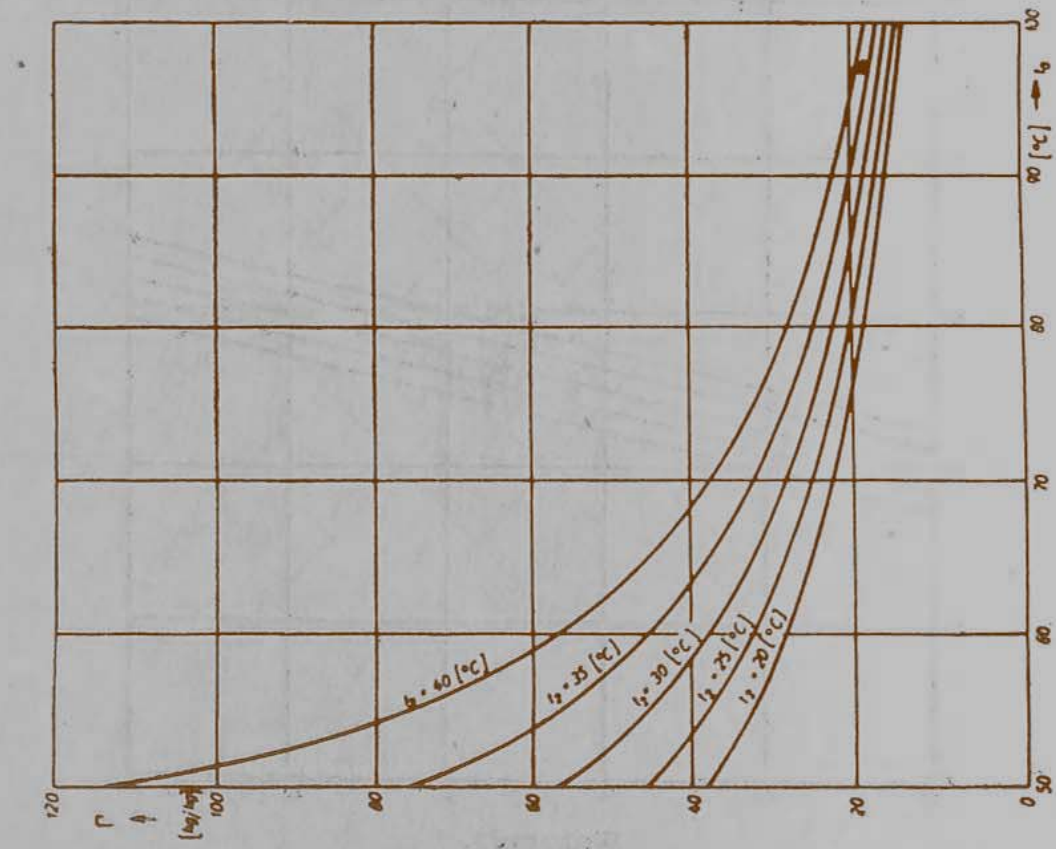


Diagrama 5.

Estos geisers fueron estudiados por varias personas, entre ellas geólogos e ingenieros. En 1942, Juan Brüggen publicó un estudio detallado en el N.° 101 de la "Revista Chilena de Historia y Geografía". En este trabajo, su autor cita varios estudios anteriores, como los de Francisco I. San Román de fines del siglo pasado, de E. Jansson, en 1913, y de los ingenieros Domingo Mongillo y H. Tocchi de hace treinta años. Este último realizó en 1922 la primera y hasta ahora única perforación, bajando tubos de seis pulgadas de diámetro hasta una profundidad aproximada de 50 metros. De esta perforación obtuvo cerca de 800 kilógramos de vapor por hora con una presión absoluta de 1,22 [kg/cm²].

Suponiendo vapor saturado a esta presión y una temperatura de 35 [°C] en el condensador se obtiene del diagrama de Mollier una caída térmica, teóricamente disponible, de 120 [kcal/kg]; de manera que a los 800 [kg/h] de vapor correspondería para esta única perforación de poca profundidad una potencia útil de:

$$N = \frac{\eta_i \cdot G_{vapor} \cdot \Delta i}{860} = \frac{0{,}75 \cdot 800 \cdot 120}{860} = 84 \quad [\mathrm{kW}]$$

suponiendo un rendimiento de 75 [%] para la instalación.

Ultimamente los geisers de los volcanes del Tatio fueron visitados por un grupo de profesores y estudiantes de la Universidad Técnica Federico Santa María, (Vea, pág. 74 a 83 en el N.° 2, 1953, de esta revista). Nuestro estimado colega, el Dr. Ingeniero don Angelo Filipponi, profesor de dicha Universidad, realizó algunas mediciones y tomó pruebas de agua que fueron analizadas en los laboratorios de la misma Universidad.

La región de los geisers se halla en un extremo llano blanco a unos 4.200 [m] de altura sobre el nivel del mar al Este de Chiuchiu a una distancia de 100 [km] de Calama. El llano está limitado hacia el Este por los altos cerros volcánicos de la frontera, llamados "Cerros

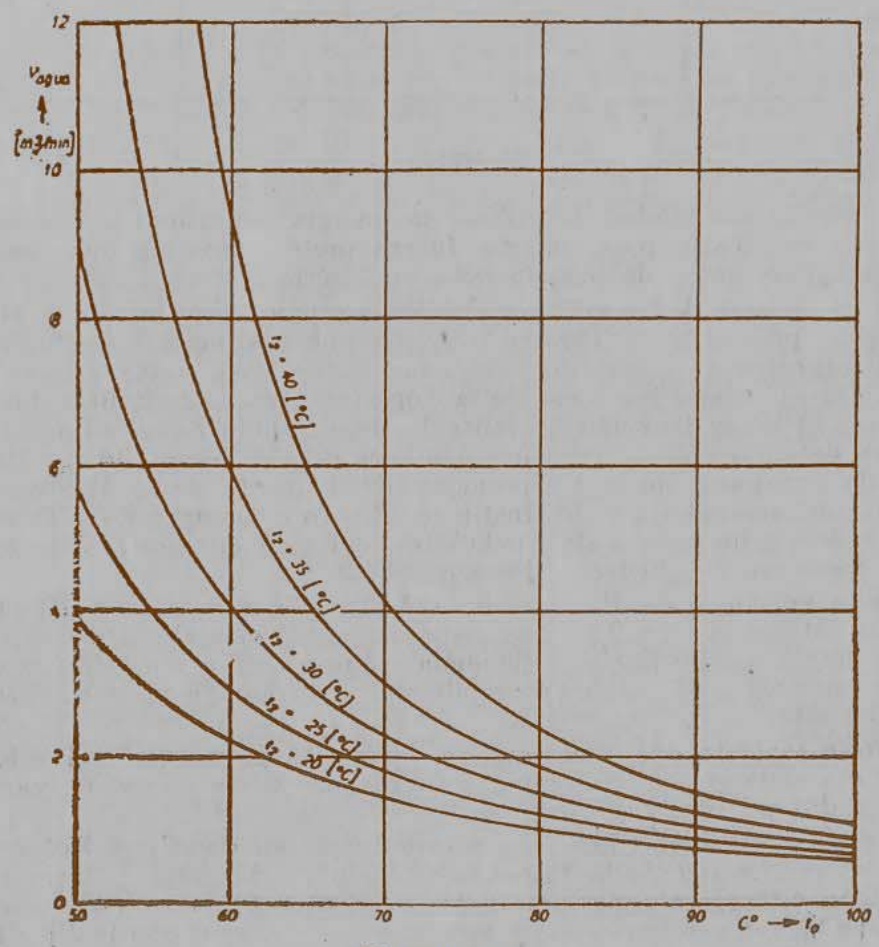


Diagrama 6.

del Tatio". A esta altura corresponde según el Manual "Hütte" una presión atmosférica normal de aproximadamente 0,59 [kg/cm²]. Con esta presión el agua se vaporiza a una temperatura de 85 [°C]. Esta misma temperatura fué medida por el señor Angelo Filipponi. De lo que podríamos deducir que existe cierto equilibrio entre el agua termal y el vapor volcánico, lo que confirma la teoría de Juan Brüggen sobre estos geisers y citada textualmente en un párrafo anterior.

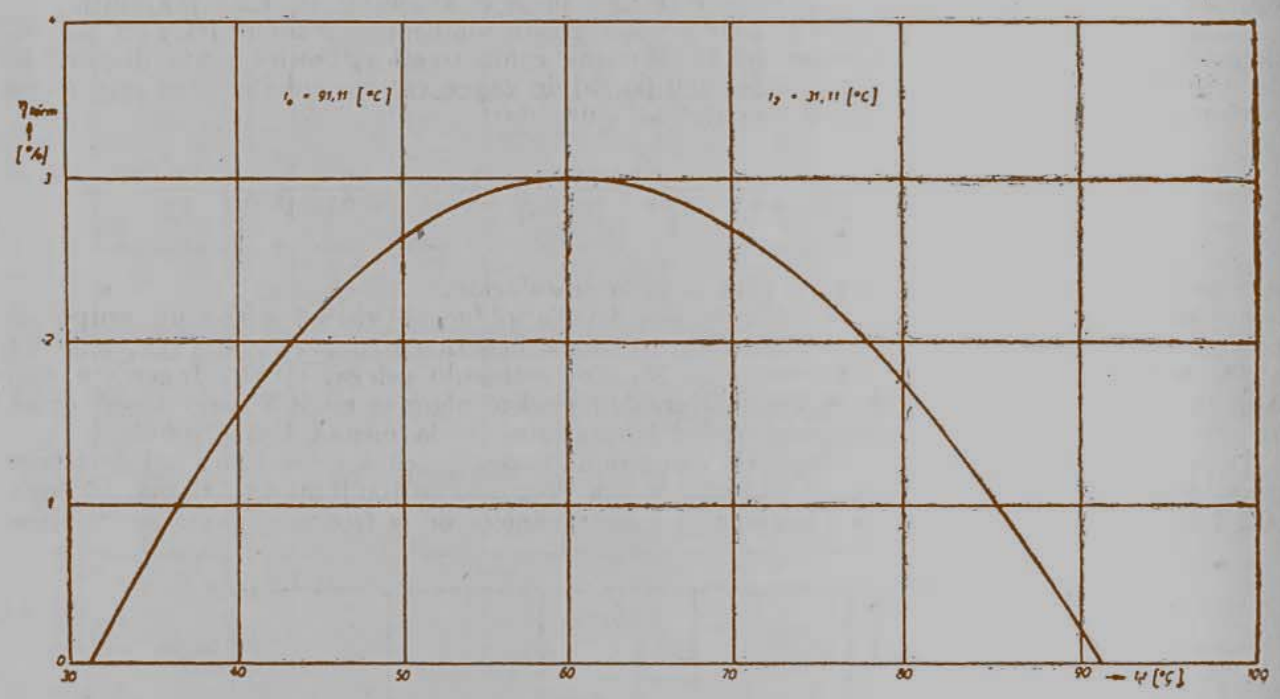


Diagrama 7.

Sin duda existe la posibilidad de utilizar la energía geotérmica acumulada en el subsuelo de los cerros del Tatio para generar fuerza motriz, pero es indispensable realizar estudios más detenidos antes de pronunciarse cuál sería la forma más apropiada.

Además de los geisers de los volcanes del Tatio existen otros geisers en la quebrada de "Puchuldiza" en la provincia de Tarapacá. Según una información facilitada por el distinguido colega ingeniero de minas don Emiliano López Saá, estos geisers fueron estudiados en 1947 por el primer ingeniero de la Superintendencia de Salitre don José Miguel Guzmán T. Como el señor Guzmán ha fallecido, hasta ahora ha sido imposible conseguir mayores detalles de sus estudios, pero por gentileza del Sr. Jorge Hidalgo Rojas, Jefe del Departamento de Tarapacá, de la Corporación de Fomento de la Producción, el autor obtuvo copia de un memorándum del Instituto Minero e Industrial de Tarapacá, memorándum que se refiere a los geisers de Puchuldiza, del cual citamos el párrafo siguiente de un informe del ingeniero Sr. Federico Rochna.

"En la región volcánica de Puchuldiza, 135 [km] en dirección ENE en línea recta de Pisagua (a la latitud de 19° 24'), hay aguas en estado de ebullición, que representan en el estado de hoy unos 30 [kg/seg] de agua evaporada. La temperatura del agua hirviendo debe ser unos 86 a 87 [°C] correspondiente a la altura y presión: 3900 a 4100 [m] sobre el nivel del mar.

En la mayoría se trata de numerosas vertientes, pero encontré un solo geiser pero poderoso, que bota cada tres horas quince minutos un fuerte chorro de vapores de agua al aire, por unos dos minutos".

Las vertientes termales de Chile fueron estudiadas por don Juan Brüggen, quien publicó una lista en el N.° 109 de la "Revista Chilena de Historia y Geografía" del año 1947. De esta lista citamos a continuación las vertientes que tienen una temperatura superior a los 50 [°C], agregando el caudal necesario para generar 100 [kW] y la latitud del lugar.

Latitud	Lugar (Provincia):	Temperatura [°C]	Caudal necesario p. generar 100 [kW] (*) [m³/h]
20° 06′	Mamiña (Tarapacá)	57	296
29° 46′	El Toro (Coquimbo)	52	444
34° 12′	Los Bañitos (O'Higgins).....	90	62
34° 57′	El Flaco (Colchagua)	89	65
35° 57′	Longaví (Linares)	95	54
36° 54′	Chillán (Ñuble)	96	52
37° 44′	Copahue (Bío-Bío)	96	52
38° 14′	Tolhuaca (Malleco)	95	54
38° 27′	Manzanar (Malleco)	52	444
38° 45′	Río Blanco (Malleco)	95	54
39° 18′	Menetúe (Cautín)	60	241
40° 41′	Puyehue (Valdivia)	75	109
40° 49′	Rupanco (Osorno)	91,8	59

(*) Para el condensador se supone una temperatura de 30 [°C].

Esta lista debe ser completada con dos fuentes termales cuyas ubicaciones están indicadas en el volumen II del "Derrotero de la Costa de Chile" (pág. 201 y 593 de la edición 1953). De esta obra citamos los dos párrafos siguientes:

"En la medianía de la isla Llancahué (provincia de Llanquihue) se encuentra la caleta "Los Baños" (latitud 42° 06′), notable por haber en ella una fuente termal cuya temperatura llega a 52 [°C]. La fuente brota en la misma playa y en bajamar se ha calculado que la cantidad de agua que sale de ella por minuto es más de 30 litros".

"En el lado occidental del seno Hoppner (provincia de Aysén), y como a una y media milla al N. E. del islote Amarillo (latitud 46° 41′), existe una fuente termal. El agua sale en gran abundancia, a razón de unos 15 a 20 metros por segundo. La temperatura del agua es casi de 95° [°C]".

De la lista anterior se puede deducir que sobre todo el territorio de Chile existen posibilidades para aprovechar la energía geotérmica.

Para terminar, deseamos agregar que aún en la Antártica existe esta posibilidad. El Comandante (R) don Exequiel Rodríguez mencionó en una charla en el Rotary Club de Valparaíso que en la Bahía Decepción se hallan aguas termales a una temperatura de 60 [°C] que impiden la congelación del agua del mar en esta región. Con un caudal de menos de 2 [m³/min] sería posible producir la potencia eléctrica de 100 [kW] sin necesidad de llevar combustibles a tan larga distancia.

Conclusiones.

No hay duda que existen en Chile múltiples posibilidades para poder aprovechar la energía geotérmica del subsuelo en cualquiera de las formas descritas en este trabajo. Pero para saber con seguridad cuáles son las potencias que pueden generarse es absolutamente necesario realizar numerosas investigaciones de toda clase, tanto geológicas como termodinámicas, mecánicas y eléctricas. Para que tales estudios tuvieran más posibilidades de evitar conclusiones equivocadas sería conveniente contar con los consejos de personas que ya han tenido experiencia en este campo relativamente nuevo de la ciencia técnica. Por esto nos permitimos proponer se forme un comité entre representantes de los países americanos interesados en el aprovechamiento de la energía geotérmica, comité que serviría para recolectar las experiencias obtenidas en otros continentes y coordinar los estudios para construir plantas geotérmicas en América.

Mediciones

LA TEORIA DEL PLANIMETRO Y DE UN INTEGRIMETRO

Por el Dipl. Ing. Curt Finster, Decano de la Facultad de Mecánica de la Universidad Técnica F. Santa María.

Entre muchas teorías que explican el funcionamiento del planímetro, la más simple y la más cómoda es la expuesta en el libro "Technische Messungen", de Gramberg, elaborada por un señor KIRSCH. El presente artículo usa esta teoría en forma vectorial; además se dan las explicaciones teóricas sobre el funcionamiento de un "Integrímetro", un nuevo aparato de suma sencillez que ha podido conocer el autor en un viaje de instrucción por Alemania. Un integrímetro como indica su nombre, permite leer directamente el valor de la integral en cada punto de una curva sin tener que volver con la punta marcadora al punto inicial.

UNÁ rueda que se apoya en el plano horizontal, —Fig. 1 en vista de planta—, tiene dos direcciones preferidas de movimiento tal como indican las flechas:

1. La dirección axial, resbalando entonces la rueda sin rodar, y
2. La dirección tangencial, rodando entonces la rueda por un arco que equivale al progreso.

Al ser arrastrada la rueda en una manera cualquiera y sobre una curva cualquiera como lo muestra la Fig. 2 en el camino elemental $\vec{\Delta s}$, en parte resbalando y en parte rodando, vale según el triángulo elemental vectorialmente:

$$\vec{\Delta s} = (\vec{\Delta \varphi} \times \vec{R}) + \vec{\Delta a}$$

En el camino $\vec{\Delta \varphi} \times \vec{R}$ la rueda resbala, no marca;

en el camino $\vec{\Delta a}$ la rueda rueda y marca, es decir, deja legible el progreso hecho.

Al tener ahora varias ruedas "coplanares", —según Fig. 3—, es decir, una rueda detrás de la otra y con sus ejes paralelos, instaladas dentro de un solo marco común, y moviéndolas de una posición a otra, primero haciendo un giro y después un translado, se ve de la figura que sólo los arcos $\vec{\Delta \varphi} \times \vec{R}$ serán diferentes, pero, que los desplazamientos $\vec{\Delta a}$ serán iguales. Como el primer movimiento no deja marca y el segundo movimiento es igual para todas las ruedas, resulta la importante sentencia:

"Una rueda de medición de un planímetro puede transladarse impunemente a otra posición coplanar cualquiera sin que cambie el arco desarrollado".

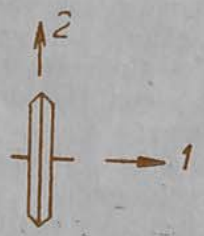


Figura 1

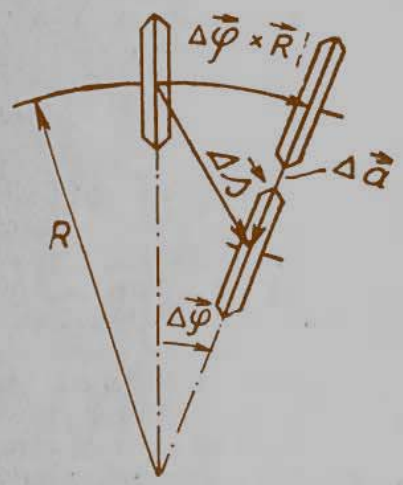


Figura 2

6-) The American Math. Monthly, vol. 61, No 7 (Aug.-Sept. 1954), págs 467-469

a) El Planímetro.

Un planímetro polar es generalmente de la construcción como lo enseña el esquema de la Fig. 4. Una punta de aguja forma el punto fijo, —el polo—, en O. "r" es una barra rígida que se une en una articulación Q con la barra rígida $(b+c)$. En el extremo derecho de c se encuentra la punta planimetradora, mientras la rueda medidora está instalada en el extremo de "b" o también, —manteniendo el plano del círculo de la rueda—, en otra parte coplanar. De acuerdo con la sentencia, pronunciada arriba, puede imaginarse instalada la rueda medidora en tal posición que su eje sea dirigido hacia el origen O. La Fig. 4 muestra este caso, encontrándose la rueda imaginaria en el extremo del radio ς_e.

Imaginémonos en primer lugar que vamos a "planimetrar" una figura netamente circular y concéntrica a O; en este caso la punta planimetradora P recorrerá la circunferencia $2 \cdot \pi \cdot R_e$, siendo R_e la distancia radial PO. Como se sabe, el valor del área circular es $S_e = \pi R_e^2$. Veremos si la marca de la rueda medidora corresponde de alguna manera a este resultado. Durante el recorrido circunferencial de P quedarán constantes las medidas R_e, el ángulo α y la distancia radial de la rueda imaginaria ς_e. La rueda, durante una vuelta completa, desarrollará y marcará un arco de $a = 2 \cdot \pi \varsigma_e$ y en un sentido que es, visto desde el origen O, del sentido del reloj.

Siendo, según la Fig. 4, "h" simultáneamente cateto en dos triángulos rectángulos valen las dos relaciones:

$$h^2 = R_e^2 - (\varsigma_e + b + c)^2$$

y también $$h^2 = r^2 - (\varsigma_e + b)^2$$

de donde resulta

$$R_e^2 - c^2 - 2\,\varsigma_e\, c - 2\, b\, c = r^2$$

$$\varsigma_e = \frac{R_e^2 - (r^2 + c^2 + 2\, b\, c)}{2\, c}$$

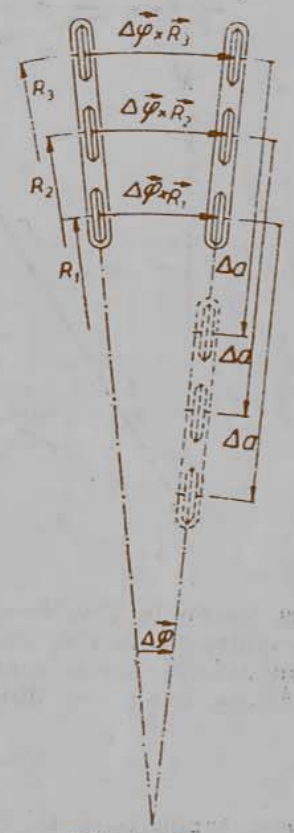


Figura 3

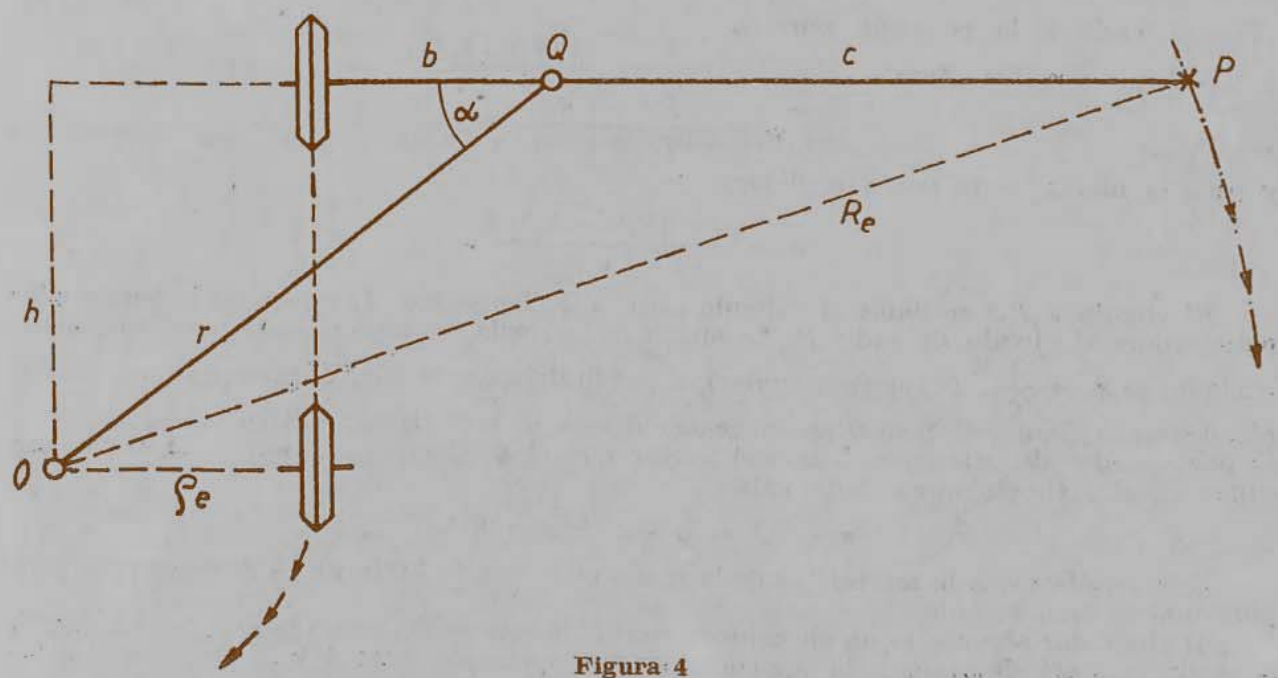


Figura 4

Como se nota, la marca "a" de la rueda medidora será cero al ser $\varsigma_e = 0$ o al ser $r^2 + c^2 + 2\ b\ c = R_e^2$. En este caso la posición de las barras del planímetro es una especial y corresponde a la Fig. 5. Para que la distancia radial de la rueda imaginaria ς_e desaparezca, la verdadera rueda en el extremo de la barra "b" ha de encontrarse, —como

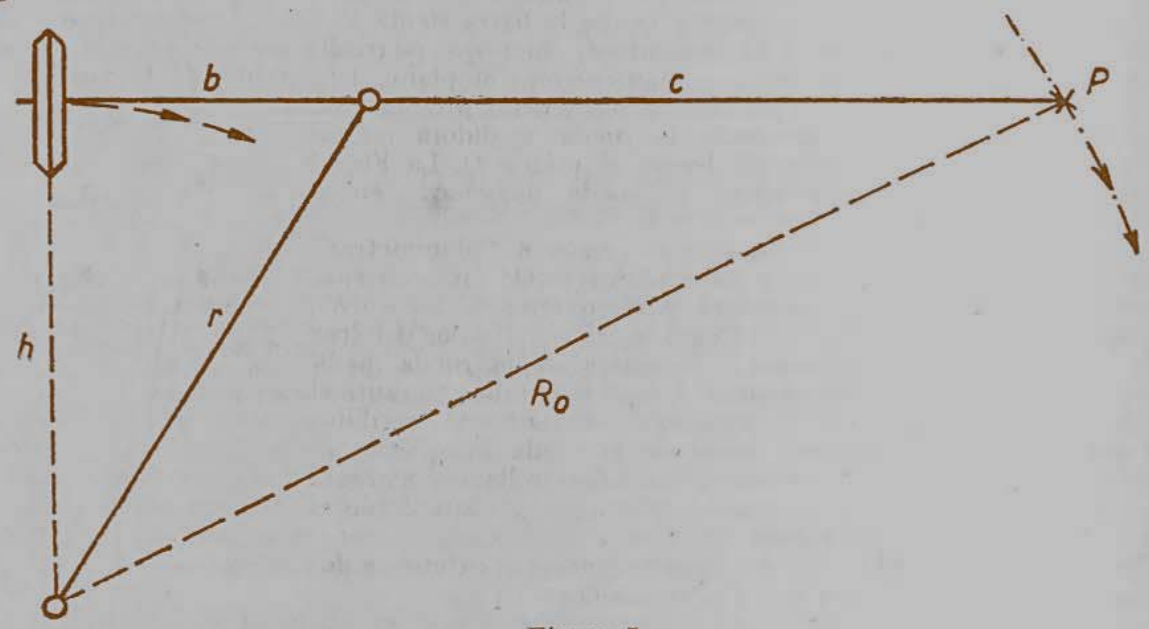


Figura 5

se ve en la Fig. 5—, en una posición coplanar con el polo O. La distancia radial de la punta planimetradora se llama ahora R_o. Recorriendo P la circunferencia de radio R_o, la rueda medidora sólo se mueve en sentido de su eje, resbala pero no gira, es decir, no marca. Ahora valen las dos relaciones:

$$h^2 = R_o^2 - (b + c)^2 \qquad \text{y también } h^2 = r^2 - b^2$$

resultando para tal caso especial $R_o^2 = r^2 + c^2 + 2\ b\ c$, lo que corresponde exactamente al término arriba visto.

Volviendo a la ecuación para ς_e

podemos escribir ahora:

$$\varsigma_e = \frac{R_e^2 - R_o^2}{2\ c}$$

y para la marca de la rueda medidora

$$a = \frac{\pi\ (R_e^2 - R_o^2)}{c}\ .$$

El círculo $\pi\ R_o^2$ se llama el "círculo cero" del planímetro. Al circundar la punta planimetradora el círculo de radio R_e, la marca de la rueda, correspondiente a su arco desarrollado, es $a = \frac{1}{c}$. (Superficie anular), como lo deja ver la Fig. 6. Siempre que, al planimetrar una figura, el polo O se encuentra dentro de esta figura, el área verdadero total es por el valor del círculo cero $\pi \cdot R_o^2$ mayor que el producto $a \cdot c$, porque la verdadera superficie del círculo circundado vale

$$\pi \cdot R_e^2 = a \cdot c + \pi \cdot R_o^2.$$

Esto significa que la marca "a" de la rueda medidora **todavía no** es directamente proporcional al área medido.

Al circundar ahora sólo un elemento sectorial de este anillo, como lo muestra la Fig. 7, la rueda marcará únicamente lo que corresponde al recorrido entre A y B. Durante el reco-

rrido $C\ D$ sobre el círculo cero no marcará. Lo que marcaría durante el trayecto $B\ C$ lo anularía en el contra trayecto $D\ A$. Progresando la punta planimetradora sobre el arco $A\ B$ por un ángulo elemental $\Delta\varphi$, la rueda desarrollará un arco de

$$\Delta a = \Delta\varphi \cdot \varsigma_e = \Delta\varphi \cdot \frac{R_e^2 - R_o^2}{2\ c},$$

mientras el valor del área es

$$\Delta s = \Delta\varphi \cdot \frac{R_e^2 - R_o^2}{2}$$

de donde resulta que ahora existe ya la proporción directa

$$\Delta a = \frac{1}{c} \cdot \Delta S.$$

Si ahora el sector anular elemental se extiende afuera y adentro de la "circunferencia cero", como lo deja ver la Fig. 8, durante el recorrido $A\ B$ la posición de las barras del planímetro corresponde a la Fig. 4, y la rueda medidora rodará en sentido positivo por el arco.

$\Delta a_1 = + \Delta\varphi \cdot \varsigma_e$, pero, durante el recorrido $C\ D$ la situación será otra, correspondiendo a la Fig. 9. Siendo R_i ahora inferior a R_o, la rueda en el extremo de "b" se encontrará a la izquierda del origen O. En el recorrido de C hasta D la punta planimetradora hace un giro contra el reloj y la rueda coplanar imaginaria en el extremo de ς_i, visto desde el origen, girará también contra el reloj, haciendo un arco de

$$\Delta a_2 = - \Delta\varphi \cdot \varsigma_i.$$

La indicación total de la rueda será $\Delta a = \Delta a_1 + \Delta a_2$

$$\Delta a = \Delta\varphi \cdot (\varsigma_e - \varsigma_i).$$

Era antes $\varsigma_e = \dfrac{R_e^2 - R_o^2}{2\ c}$ y resulta de un modo análogo que es

$$\varsigma_i = \frac{R_i^2 - R_o^2}{2\ c}$$

resultando $\varsigma_e - \varsigma_i = \dfrac{R_e^2 - R_i^2}{2\ c}$ y la lectura en la rueda será

$$\Delta a = \Delta\varphi \cdot \frac{R_e^2 - R_i^2}{2\ c};$$

el valor del área circunscrito es, geométricamente calculado

$$\Delta S = \Delta\varphi \cdot \frac{R_e^2 - R_i^2}{2},$$

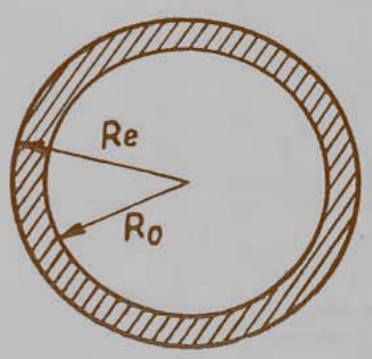


Figura 6

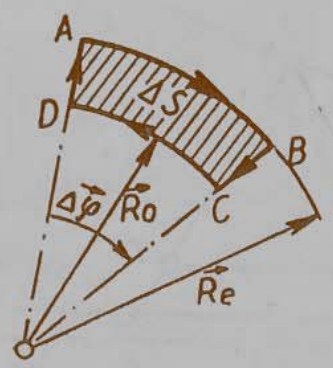


Figura 7

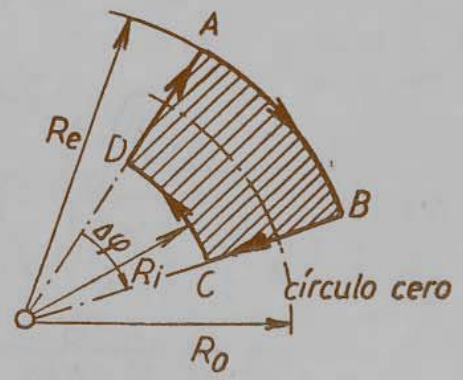


Figura 8

de donde se ve que también en tal caso sigue la proporción directa:

$$\triangle a = \frac{1}{c} \cdot \triangle S.$$

Al circundar ahora al fin una figura cualquiera y manteniendo el polo O fuera de ella, puede imaginarse descompuesta esta figura en elementos sectoriales de anillos como lo muestra la Fig. 10. La superficie total vale

$$S = \int dS \ .$$

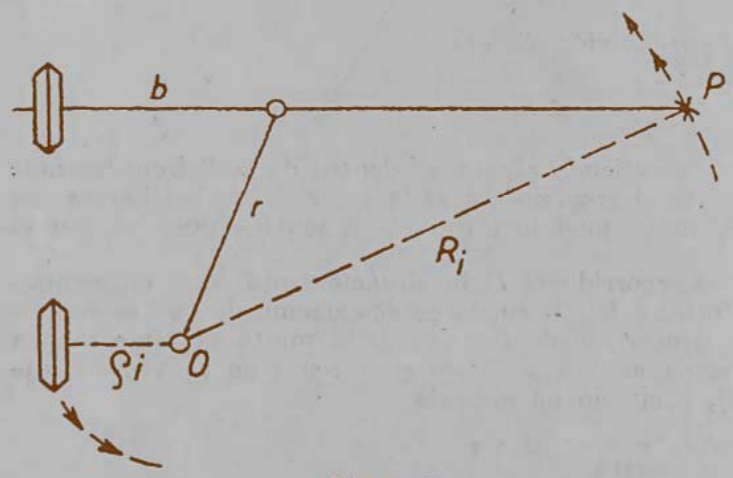


Figura 9

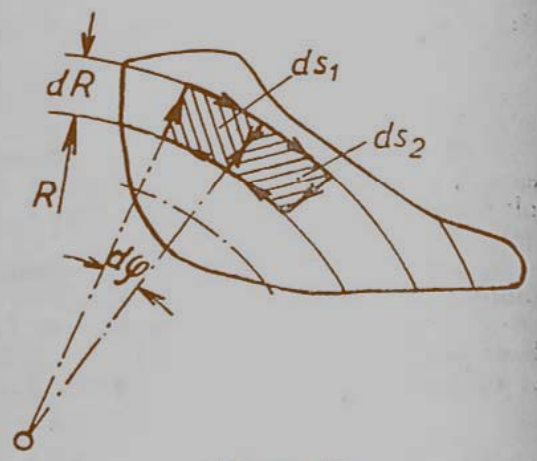


Figura 10

Cada elemento dS —si fuera circundado individualmente— dejaría una marca de

$$da_1 = \frac{1}{c} \cdot dS_1 \ , \qquad da_2 = \frac{1}{c} \cdot dS_2 \qquad \text{etc. etc.}$$

pero, se nota que el elemento radial colindante dR sería recorrido una vez en uno y otra vez en el sentido opuesto, anulándose el efecto de este trazo; se hubiera obtenido el mismo resultado al circundar los dos elementos en conjunto. Extendiendo esta idea a todas las superficies elementales dS, se entiende que basta circundar la figura dada entera en el sentido del reloj para obtener el valor de esta superficie total:

$$S = \int dS = \int c \cdot da = c \cdot a.$$

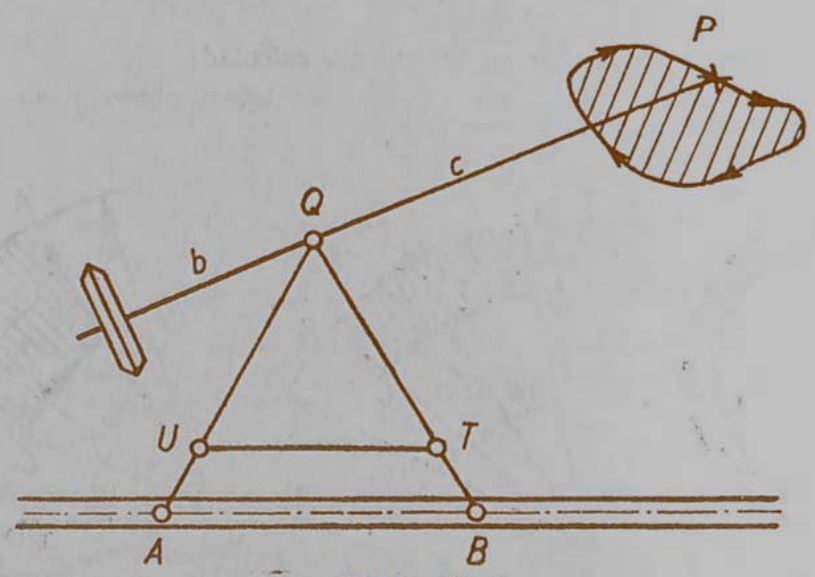


Figura 11

"c" es el largo delantero de la barra $(b+c)$ entre articulación Q y la punta P, "a" es el arco total desarrollado por la rueda medidora. Sólo de estos dos datos depende el valor del área; el funcionamiento del planímetro es completamente independiente de las demás medidas como ser el radio "r" y el largo "b" pudiendo ser estas dimensiones completamente arbitrarias bajo la única condición de mantenerse constantes.

Mientras el tipo de planímetro, descrito hasta aquí, se llama "planímetro polar" por tener un polo fijo O, se llega a un "planímetro lineal" al hacer $r = \infty$; entonces la construcción podría ser la de la Fig. 11: en lugar de la barra radial "r" se aplica en la articulación Q un triángulo rígido QUT. Los puntos A y B en las prolongaciones son guiados en una ranura rectilínea de modo que el punto Q sólo puede describir una recta paralela a la ranura. Más simple aún se construye el planímetro lineal según la Fig. 12: Un sólo

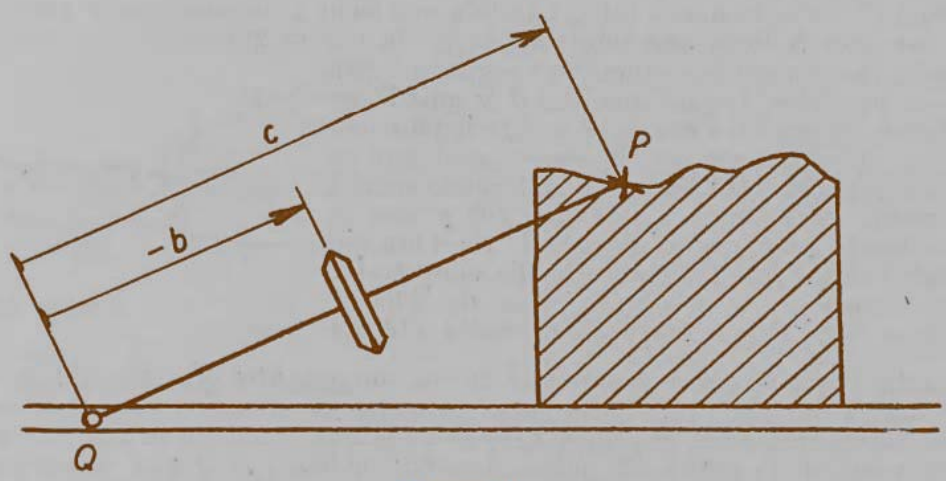


Figura 12

punto Q, —correspondiente a la articulación de antes—, es guiado en una ranura rectilínea y la rueda es instalada en alguna parte en una distancia de $(-b)$ desde Q, pero quedando la ubicación de la rueda totalmente arbitraria en sentido longitudinal como también en el sentido lateral. Este tipo de planímetro se presta especialmente para figuras alargadas como ocurre, por ejemplo, en plantas de energía eléctrica donde el aparato registrador deja marcada una cinta larga de papel con el diagrama de la potencia en kw en función de las horas, significando la superficie planimetrada la energía total en kwh. También se usa este tipo de planímetro lineal para medir las superficies de pieles en la industria del cuero.

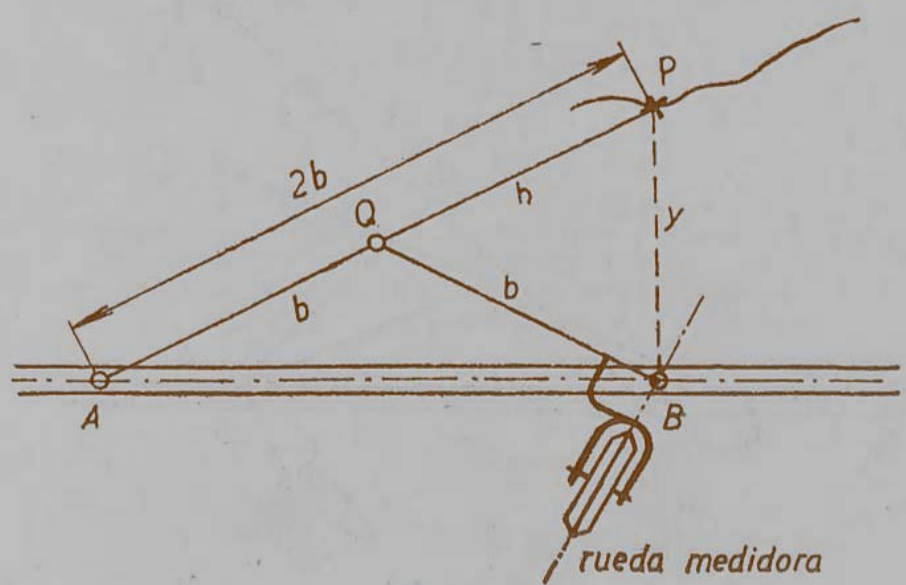


Figura 13

b) El Integrímetro.

En mi reciente viaje por Europa he podido conocer un nuevo instrumento, llamado "integrímetro", que es construído por la firma alemana OTT en la ciudad de Kempten en Oberbayern.

Este aparato, sumamente sencillo, permite leer en la escala cilíndrica de la rueda medidora directamente el valor de la integral $\int_0^x y \cdot dx$ de una curva cualquiera; también puede ser usado como un simple planímetro, es decir, para la medición de figuras cerradas. La construcción corresponde al esquema de la Fig. 13 y se explica así:

Hay una barra rígida $A\ P$ de largo $2\ b$ con un punto de articulación Q en su mitad; en el extremo P lleva la punta integradora la que sigue guiándose por la curva dada, mientras en el extremo A lleva una punta de bolita la que es guiada en una ranura recta que coincide con la abscisa del diagrama. Una segunda barra de largo b es unida en la articulación Q y guiada en su otro extremo B por otra punta de bolita igual como el extremo A. El armazón de la rueda medidora es unido rígidamente a esta barra de tal modo que el eje de la rueda es paralelo a la barra BQ y que el plano de la rueda pase por el punto B. Se nota sin mayores explicaciones que P siempre ha de encontrarse en posición vertical sobre B (semi-círculo de Thales, ángulo $ABP = 90°$). Un progreso en dirección oblicua $\vec{ds}$ de la punta P puede ser descompuesto en sus componentes ortogonales: $\vec{ds} = \vec{dy} + \vec{dx}$, como lo muestra la Fig. 14. Trataremos primero un progreso elemental vertical y en seguida uno horizontal. Para el primer caso se ve la ilustración en la Fig. 15; marchando P en dirección vertical, el punto B queda inmóvil; la barra $B\ Q$ gira alrededor de B y la rueda sólo es arrastrada, siempre en dirección de su eje, sobre un arco alrededor de B, de modo que este movimiento es inefectivo. En el segundo caso, al moverse P horizontalmente por $\vec{dx}$, —como lo explica la Fig. 16—, todo el aparato desliza adelante en pura translación sin cambiar su posición angular. Entonces también la rueda participa en este movimiento $\vec{dx}$. La Fig. 16a deja ver que puede descomponerse:

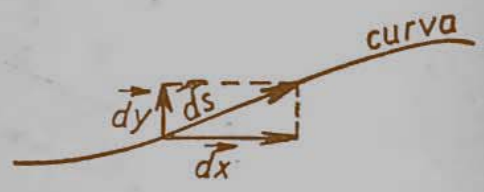


Figura 14

$$\vec{dx} = \vec{da} + \vec{dc}\ ,$$

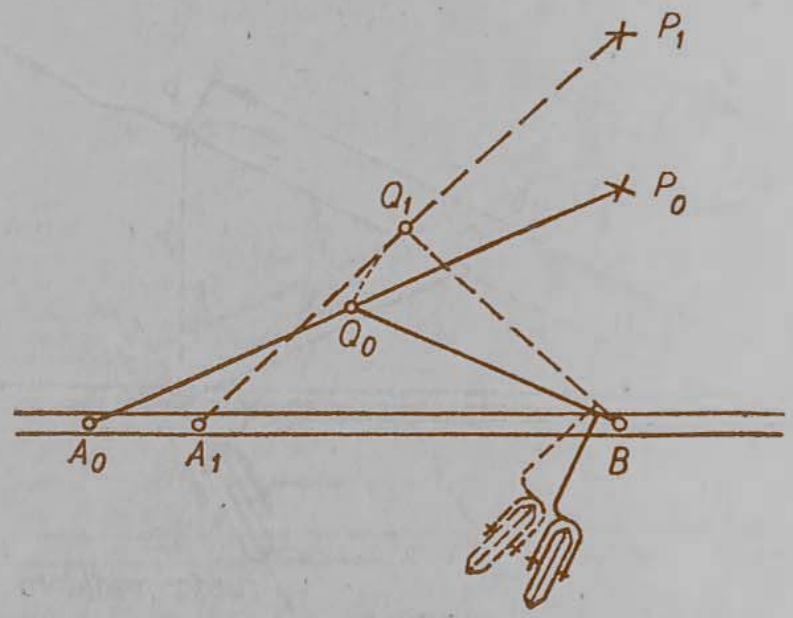


Figura 15

siendo $\vec{da}$ de dirección ortogonal a la barra $B\,Q$ y $\vec{dc}$ en dirección paralela a esta barra. Para la rueda el movimiento $\vec{da}$ significa un giro por el arco correspondiente, mientras que el movimiento $\vec{dc}$ es de sentido axial de arrastre de modo que no interesa. El arco desarrollado por la rueda es $da = dx \cdot \operatorname{sen}\varphi$, $\operatorname{sen}\varphi = \dfrac{da}{dx}$.

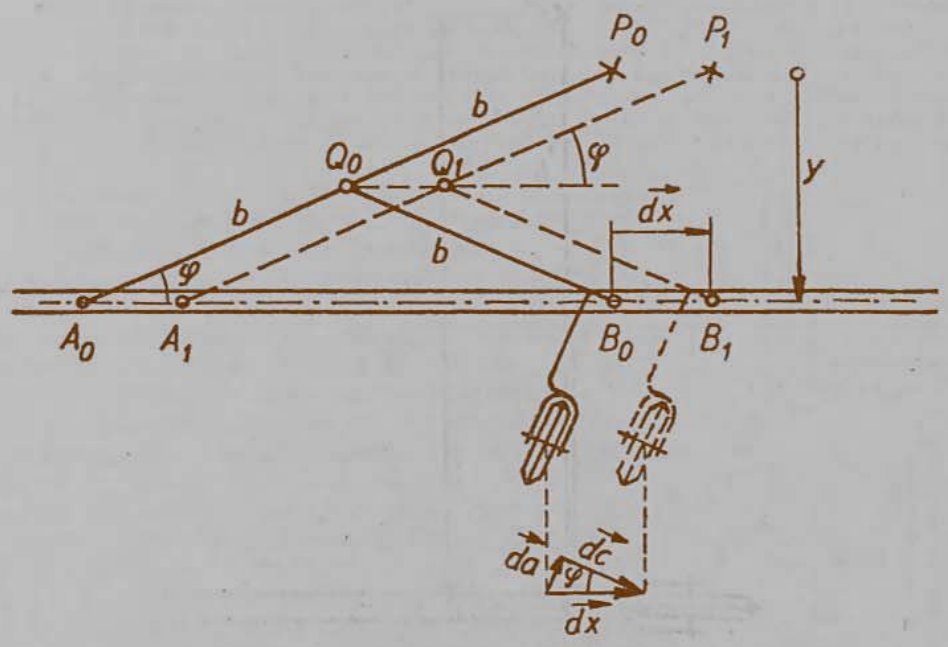


Figura 16

El elemento de área debajo de la curva dada es el rectángulo $B_0P_0P_1B_1$ y es

$$dS = y \cdot dx.$$

Pero, se ve en la Fig. 16 que también vale:

$$\operatorname{sen}\varphi = \frac{y}{2\,b},$$

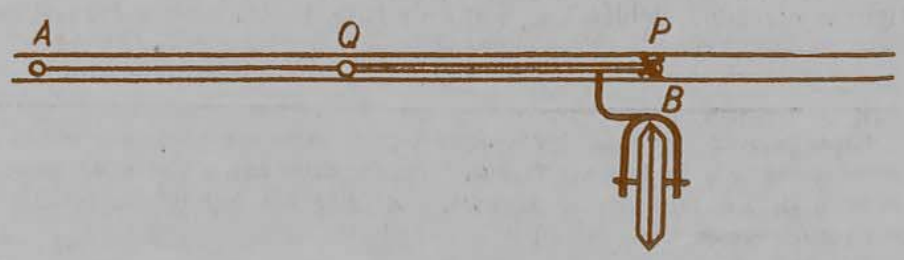
de modo que resulta:

$$\frac{da}{dx} = \frac{y}{2 \cdot b}$$

e

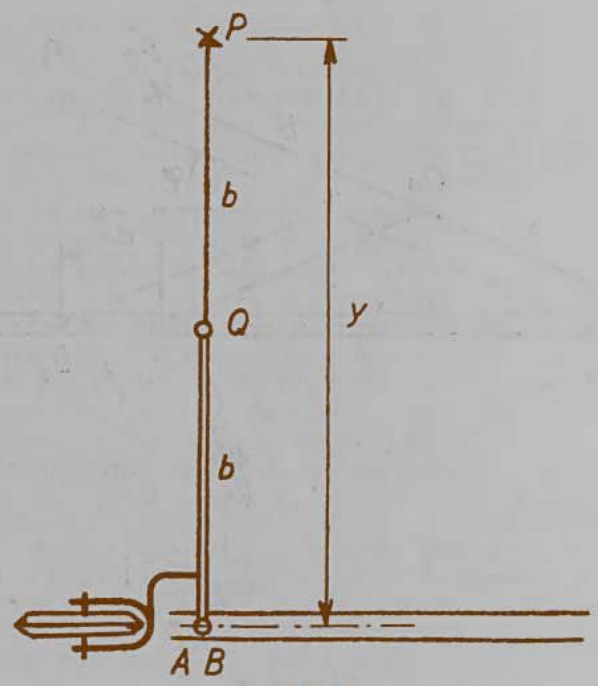
$$y \cdot dx = 2 \cdot b \cdot da$$

$\int y \cdot dx = S = 2 \cdot b \cdot \int da = 2 \cdot b \cdot a$, lo que significa: "El arco desarrollado por la rueda es directamente proporcional al valor de la integral, es decir, al área debajo de la curva, indicando la integral obtenida hasta cualquier punto de la curva. No hay necesidad de volver al punto inicial".



17 a

Conviene imaginarse el instrumento trabajando en sus dos posiciones límite como lo deja ver la Fig. 17a y la Fig. 17b. En el caso "a", siendo el aparato complegado en la horizontal o sea en la abscisa, la función de esta recta horizontal se escribiría $y = 0$, y el valor de la integral debería ser para límite cualquiera igual a cero. Efectivamente se ve de la Fig. 17a que en un movimiento horizontal la rueda sólo es arrastrada en dirección axial sin girar, no dejando, por lo tanto, ningún resultado. En la otra posición límite,



17 b

al estar el instrumento complegado en la vertical, al moverlo ahora hacia la derecha, se integraría la recta horizontal $y = 2\,b$, y la integral entre cero y x vale $2 \cdot b \cdot x$. La rueda, en tal movimiento va rodando perfectamente por el mismo espacio x del progreso, siendo efectivamente $a = x$; es otra vez el valor de la integral el simple producto $S = 2 \cdot b \cdot a$.

Para obtener de una curva $y = \mathrm{f}\,(x)$ el diagrama total de su integrada

$$\int y \cdot \mathrm{d}x = \varphi\,(x)\,,$$

se marcan en la curva original varios puntos; se pone la punta en la ordenada inicial, empezando con una lectura $a_0 \cdot = O$, y se recorre cuidadosamente la curva con la punta P. En las diferentes estaciones antes marcadas se hace la lectura y se anota su valor; al multiplicar estos datos con el largo de la barra larga $2\,b$, se obtiene los valores de las integrales. Dibujando estos valores en función de x se consigue la función integrada de la primera dada.

Como este "integrímetro" cuenta valores positivos al moverse hacia la derecha y valores negativos al correr hacia la izquierda, es evidente que sirve también como planímetro para figuras cerradas, debiéndose, naturalmente, en tal caso volver al punto de partida.

Rogamos a los escritores, instituciones y particulares que simpaticen con la alta misión educativa de la Universidad Técnica "Federico Santa María", se sirvan cooperar con el envío de sus producciones literarias. Les serán agradecidas debidamente sus valiosas colaboraciones.

Termotecnia

SECADORES DE CHORRO

Por el Dr. Ing. K. Kröll VDI, Bad Hersfeld.

Los secadores de chorro, que se utilizan para secar material granulado o dividido mientras es arrastrado por una corriente de aire o gases calientes, encuentran cada día mayor aplicación. Aunque hasta ahora casi no han sido tratados en forma teórica y sólo se dimensionaban según datos empíricos, es posible, considerando el movimiento de los gases, del material y el traspaso de calor en las instalaciones, encontrar valores, los cuales son útiles al dimensionar las instalaciones, estimar su capacidad y valorar ensayos. Fuera de las consideraciones teóricas se indican aplicaciones y algunas posibilidades de cómo adaptar las instalaciones a las exigencias.

EN los secadores de chorro el material es secado mientras es arrastrado por gases. Una corriente de aire o gases calientes arrastra las partículas del material (granos, tallos u hojas) les entrega calor y elimina el vapor. Los primeros secadores que trabajan según este principio fueron construídos a fines del siglo 19 e introducidos en Alemania principalmente por G. Möller y F. A. Bühler. Mas se desarrollaron estos aparatos desde el año 1928, después que P. Rosin descubriera un secador de chorro de circulación con zona de antesecado. Desde entonces estas instalaciones han tenido un amplio desarrollo.

Un secador de chorro del tipo más sencillo está esquemáticamente representado en la figura 1. El aire calentado en el calentador *a* fluye por el tubo ascendente *b* al separador *c* y de ahí al ventilador *d* escapando por la chimenea *e*. El material húmedo entra por el aparato de entrega regulable *f* a la corriente de aire, se seca a su paso por el conducto *b* y es separado del aire en el aparato *c*. El material seco se extrae del separador *c* por la esclusa *g*. Por lo general el tubo *b* está revestido de un aislante térmico.

Los secadores de chorro se emplean para secar productos químicos [1, 2] o agrícolas [4], minerales [3], etc. Se pueden construir para grandes capacidades, son sencillos y ocupan poca superficie. Muchos productos a secar que no pueden resistir un contacto prolongado de gases calientes no sufren alteraciones, pues las pequeñas partículas están sólo algunos segundos en los secadores de chorro. Aún es posible secar productos inflamables como lignito y fangos de clarificadores con gases de 700 a 800°C de temperatura de entrada, si se tiene la precaución de evitar que en ninguna zona del secador se pueda acumular material seco y tomando además algunas medidas de seguridad. Se puede y debería adaptar los secadores a las condiciones del material y construirlos según éstas.

La combinación de molinos, clasificadores y secadores permite dar al material la deseada finura y humedad final en un solo proceso (1). Para materiales cuya granulometría se desea conservar, y para aquellos que se pegan en las paredes del secador o producen gran desgaste no son aptos los secadores de chorro.

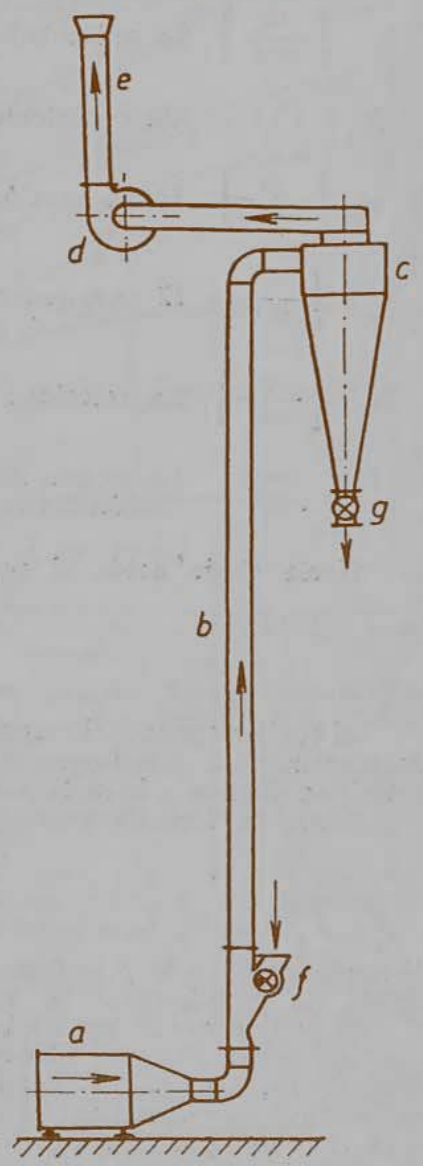


Figura 1. Secador de chorro.
a Calentador de aire.
b Conducto ascendente.
c Separador de fuerza centrífuga.
d Ventilador.
e Chimenea.
f Dispositivo de entrega.
g Dispositivo de extracción.

(1) Secadores de chorro que están provistos de una molienda intermedia del material se denominan a veces también "Secadores de molienda". Pero se debería reservar esta denominación para aquellos aparatos en que el secado propiamente tal se realiza en el recinto de molienda.

El movimiento del material en la corriente de gas.

A pesar de que en los secadores de chorro se encuentran también trozos inclinados y horizontales de conductos, el secado preferentemente se realiza en tubos verticales del tipo ascendente, en los cuales el material se mueve de abajo hacia arriba.

Consideremos las fuerzas que actúan sobre una partícula esférica en uno de estos conductos. Denominando con:

d_k	[m]	El diámetro de la partícula.
γ_k	$\left[\frac{kg}{m^3}\right]$	El peso específico de la partícula.
v_k	$\left[\frac{m}{seg}\right]$	La velocidad de la partícula.
ψ	[÷]	Un coeficiente de resistencia.
g	$\left[\frac{m}{seg^2}\right]$	La aceleración de gravedad.
γ_l	$\left[\frac{kg}{m^3}\right]$	El peso específico del gas.
v_l	$\left[\frac{m}{seg}\right]$	La velocidad del gas.
F	[m²]	La sección más grande de la partícula en corte perpendicular a la dirección del movimiento.

Hacia abajo actúa el peso de la partícula:

$$G = \frac{\pi}{6} d_k^3 \gamma_k \tag{1}$$

Al cual se oponen: el empuje estático (debido al desplazamiento de gas), el cual se puede despreciar aquí, y la fuerza de arrastre S del gas que se produce, cuando el gas tiene una velocidad distinta a la de la partícula.

Según la fórmula general vale:

$$S = \psi \frac{\gamma_l}{2g} (v_l - v_k)^2 \cdot F \tag{2}$$

Estando relacionado ψ en forma un poco complicada con el número de Reynolds Re dependiente de la diferencia de velocidades $(v_l - v_k)$.

Si justamente se anulan las fuerzas antes indicadas la partícula avanzará por el tubo con una velocidad que es inferior, en la denominada "velocidad de sustentación" v_s, a la velocidad de los gases. Este valor v_s es igual a la velocidad final que adquiere una partícula si cae verticalmente en el gas en reposo. Se puede calcular esta velocidad fácilmente en la manera indicada por Schiller, Naumann [5] y Gumz [6].

Velocidades de sustentación que fueron determinadas por Ramler y Augustin [7] se encuentran representados en un gráfico figura 2 para distintos tamaños de partículas en función de la temperatura de los gases. La velocidad de sustentación v_s varía notablemente con la temperatura de los gases; el tipo de gas es de menor importancia, por cuanto se consideran sólo gases que se pueden aplicar en un secador, es decir, aire y gases de combustión. Las regiones sombreadas con líneas en la figura 2 indican la influencia de las distintas composiciones de gases sobre la velocidad de sustentación.

Con la ayuda de la velocidad de sustentación se puede describir fácilmente el movimiento de un cuerpo en una corriente vertical de gases. Si la diferencia de velocidad $(v_l - v_k)$ al principio es mayor que la velocidad de sustentación, por ejemplo, cuando la partícula al principio descansa sobre el trayecto de entrega, la velocidad relativa disminuye del valor inicial v_l hasta la velocidad de suspensión v_s, mientras que la velocidad de la partícula v_k crece desde cero hasta el valor final $(v_l - v_s)$. Si la partícula ha de ascender se debe hacer por lo tanto la velocidad del gas en todas partes del tubo por lo menos igual a la velocidad de sustentación. Todas las partículas para las cuales v_l es menor que v_s caen hacia abajo. De las fuerzas que actúan sobre una partícula, se puede calcular la velocidad media $\bar{v}_k$ con la cual una partícula que al principio se encontraba en reposo, recorre durante el tiempo t un tubo vertical de tiro ascendente. Dentro de la validez de la ley de Stokes, la velocidad $\bar{v}_k$ está relacionada con la velocidad máxima $(v_l - v_s)$ por la razón:

$$k = \frac{\bar{v}_k}{v_l - v_s} = 1 - \frac{v_s}{g \cdot t}\left(1 - e^{-\frac{g \cdot t}{v_s}}\right) \quad (3)$$

Si un material tarda mucho en secarse, el valor de la razón será $k \approx 1$; pero en otros casos k puede ser mucho menor.

La diferencia de velocidad entre la partícula y el gas aumenta con el tamaño de ésta. Para una velocidad dada esto tiene un efecto favorable en tubos de tiro ascendente: Las partículas mayores, que secan más lentamente obtienen una condición más favorable para el intercambio de calor y materia con el gas y un mayor tiempo de secado que las partículas finas, que se secan más rápido.

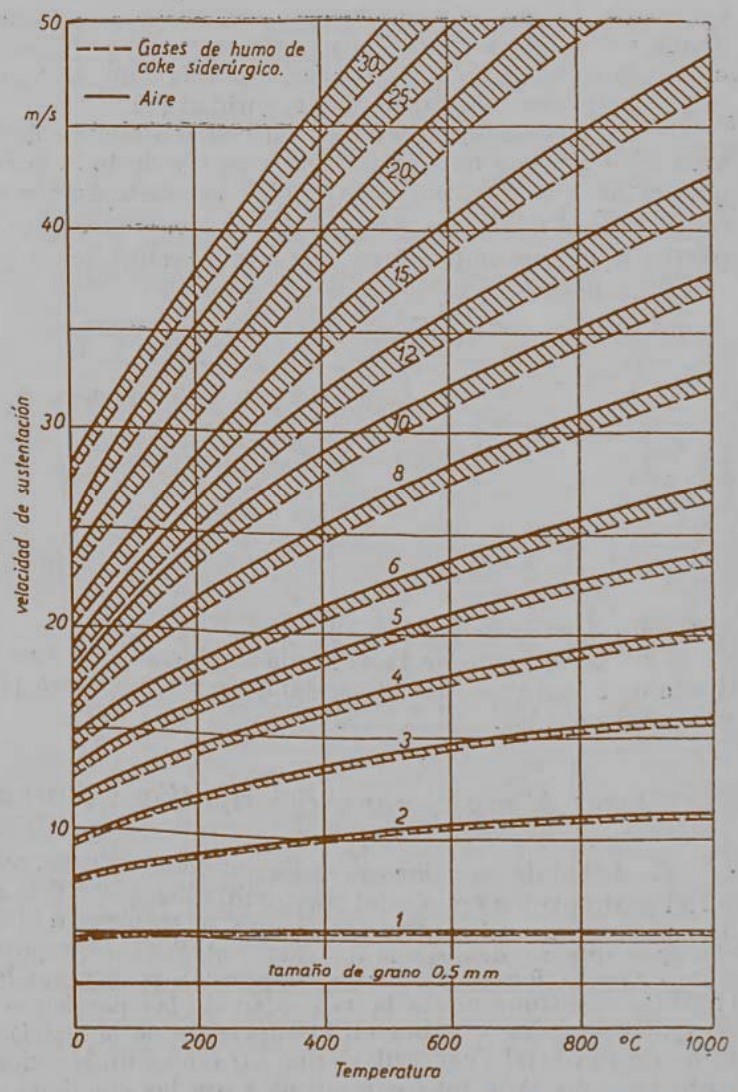


Figura 2. Velocidad de sustentación de partículas de carbón en dependencia de la temperatura (según Rammler y Augustin).
Tamaño de las partículas 0,5 hasta 30 [mm].
Peso específico γ_k 1.300 [kg/m³]
Gas portante: aire o gases de humo de coke siderúrgico. Presión 760 Torr.

Distinto es en un tubo de tiro descendente: A veces el largo del camino que se necesita para secar, no se puede obtener por un solo conducto ascendente. Se unen entonces tubos que alternadamente conducen de abajo a arriba y viceversa (de arriba a abajo). Supongamos que una partícula tenga en la parte superior de un tubo de tiro descendente la velocidad cero, entonces en primer lugar es acelerada por el gas, y después retenida, pues de determinado punto en adelante su velocidad es mayor que la del gas. Finalmente la diferencia de velocidad, entre partícula y gas, será igual a la velocidad de sustentación. La velocidad de la partícula pero, es igual a la suma de la velocidad de sustentación más la velocidad del gas. Por consiguiente el tiempo de estadía de las partículas mayores es inferior al de las partículas menores en un tubo de tiro descendente, esto es contrario al efecto deseado. Esto significa, que conductos de tiro descendente son menos apropiados para secadores de chorro que los de tiro ascendente.

Si una partícula que se encuentra en la parte inferior de un tubo ascendente apenas alcanza a ser arrastrada, es posible que en otra parte del conducto retroceda, porque la tempe-

ratura de los gases, y por lo tanto en muchos casos la fuerza de arrastre a lo largo del tubo disminuyen. Por lo tanto, hay que disminuir el diámetro del tubo en etapas o elegir una velocidad de entrada tal de los gases, que a la temperatura y velocidad de los gases en el escape, la partícula sea arrastrada con seguridad [7].

Debe considerarse además un cierto aumento de la velocidad de sustentación, porque la velocidad del gas no es uniforme a través de toda la sección del conducto. Además, para las partículas no esféricas, la velocidad de sustentación cambia de acuerdo con la posición de éstas. Si $\overline{v_l}$ es la velocidad media del gas en el conducto y v_s' la velocidad de sustentación de la partícula más grande (o sea, cuando la velocidad de esta partícula a lo más puede alcanzar a $\overline{v_l}-v'_s$) entonces se elige la relación de:

$$\frac{\overline{v_l}}{v'_s} = a > 1 \tag{4}$$

o sea:

$$\overline{v_k} = k \cdot v'_s \cdot (a-1) \tag{4a}$$

haciendo por lo general a≈2.

Con la elección de la velocidad del gas está también determinada la sección del conducto de secado, porque el caudal de gas G_l que pasa por el secador, sólo depende del gasto de calor del secador.

Tiempo de secado, evaporación específica y dimensionamiento de secadores de chorro:

Es difícil de calcular exactamente como se desarrolla el secado, mientras el gas y el material se mueven a través del conducto. El gas se enfría a su entrada al tubo, porque una parte de su calor pasa al material y la otra se emplea en el secado; al mismo tiempo se enriquece el vapor que se desprende del material. Por esto, cambian de continuo, su densidad y viscosidad. Por lo demás las partículas pierden peso y por lo general se contraen. Por esta razón, cambian continuamente la velocidad de las partículas y las condiciones que determinan el traspaso de calor y vapor en la superficie de las partículas. Además es de considerar que la nube de material (partículas) que atraviesa un secador, está formada por partículas de distinto tamaño. Aún más complicadas son las condiciones cuando las partículas entran en un estado, en el cual los procesos interiores en la partícula, determinan la velocidad del secado. Por consiguiente se da mayor importancia a los resultados generales que a los exactos y por lo tanto las consideraciones se basan en suposiciones más sencillas. En especial se considera que la humedad sale con tal rapidez del material durante el secado, que la superficie de la partícula se encuentra húmeda mientras éste dure.

Mientras el material atraviesa el secador, recibe calor por convección. También el material recibe de las paredes del secador y gas, calor de irradiación, pero esta cantidad sólo tiene importancia en el secado de partículas grandes a mayores temperaturas y por lo tanto no se considera en este caso. Observaciones sobre la convección del calor a partículas en sustentación fueron efectuadas por varios observadores; sobre algunas informa Dreyer [8] en resumen. De las consideraciones teóricas y mediciones de Frössling [9], como también Johnstone, Pigford y Chapin [10], se deduce que el número de Nusselt Nu depende del número de Reynolds Re en la forma indicada por el gráfico de la figura 3. Para valores pequeños del número de Reynolds, el valor Nu se aproxima al valor límite 2, mientras que para mayores valores crece con la raíz cuadrada de Re.

La partícula considerada como esférica con la superficie $\pi \cdot d_k^2$ y el volumen $\pi \frac{d_k^3}{6}$ que no se contrae durante el secado, recibe a su paso por el secador, durante el cual se encuentra en contacto con gases de temperatura decreciente, una cantidad de calor horaria.

$$q_1 = \overline{\alpha_c}\, \pi d_k^2 \quad (\triangle \nu)_m \tag{5}$$

En ésta y siguientes ecuaciones valen:

$(\Delta \vartheta)_m$ Diferencia de temperatura media entre gas y la superficie de la partícula.

$\overline{\alpha_c}$ Coeficiente medio de transición de calor.

r Calor de vaporización.

γ_k Peso específico medio de la partícula.

$\gamma_{k_1}; \gamma_{k_2}$ Peso específico de la partícula al principio y al final del secado respectivamente.

f_1, f_2 Humedad de la partícula al principio y al final del secado en Kg. de agua/Kg. de peso total.

G_{st} Caudal horario de material que pasa por el secador.

G_l Caudal horario de gases calientes que pasan por el secador.

c_l Calor específico del gas.

ϑ_{le} Temperatura de entrada del gas.

ϑ_{la} Temperatura de salida del gas.

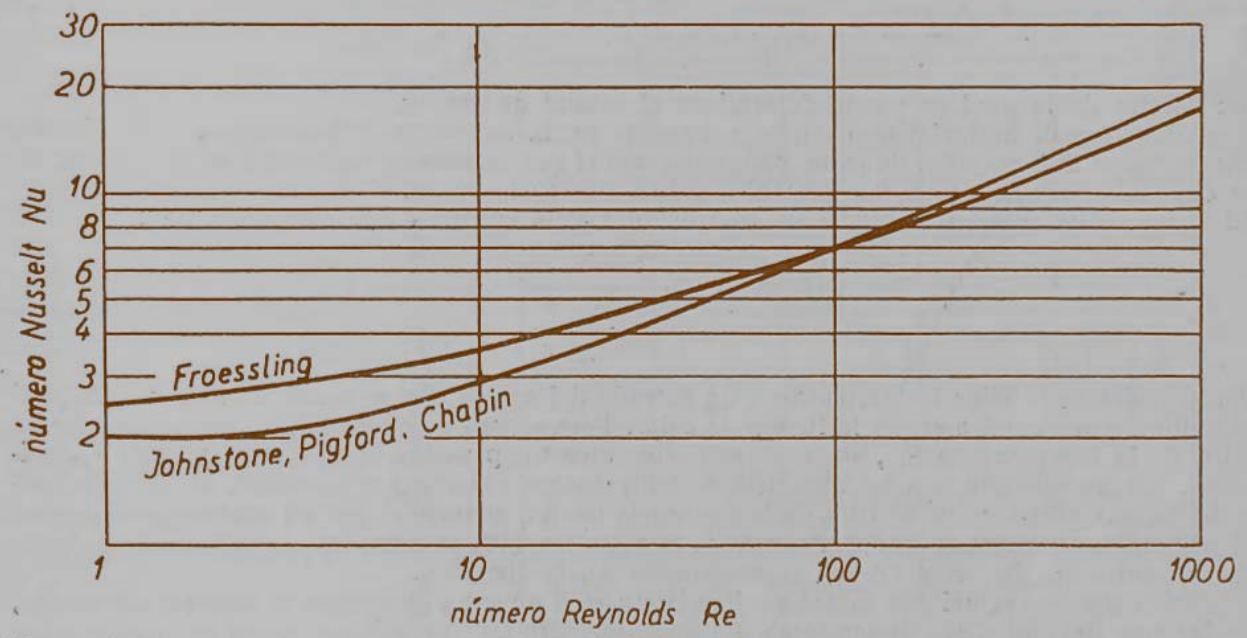


Figura 3. Traspaso de calor a partículas esféricas bajo convección forzada en aire de 0 hasta 100 [°C].

Número de Nusselt $Nu = \alpha\, d_k/\lambda$ **en dependencia del**

Número de Reynolds $Re = v_r\, d_k/\nu$

Según Frössling vale: $Nu = 2\,[1 + 0{,}276 \cdot Pr^{1/3}\, Re^{1/2}]$

$\alpha \left[\frac{\text{k cal}}{\text{m}^2\,\text{h}\,^\circ\text{c}}\right]$ **Coeficiente de transición de calor en la superficie de la partícula**

d_k [m] **Diámetro de la partícula.**

$\lambda \left[\frac{\text{k cal}}{\text{m h}\,^\circ\text{c}}\right]$ **Coeficiente de conductibilidad del gas.**

$v_r \left[\frac{\text{m}}{\text{h}}\right]$ **Diferencia de velocidad entre gas y partícula.**

$\nu \left[\frac{\text{m}^2}{\text{h}}\right]$ **Viscosidad cinemática del gas.**

Pr [÷] **Número de Prandtl.**

Para que la humedad que se desprende del material se evapore debe entregarse al material la cantidad total de calor Q_1. Para ella vale la ecuación:

$$Q_1 = \frac{1}{6} \pi d_k^3 \cdot r(\gamma_{k_1} \cdot f_1 - \gamma_{k_2} \cdot f_2) \tag{6}$$

El tiempo de secado en horas se obtiene de:

$$t = \frac{Q_1}{q_1} = \frac{d_k}{6\overline{\alpha}_c} \frac{r\ (\gamma_{k1}\ f_1 - \gamma_{k2} \cdot f_2)}{(\triangle\ \vartheta)_m} \tag{7}$$

y por medio de las ecuaciones (3) y (4) se obtiene el largo necesario del camino de secado en el conducto en m

$$l = \overline{v}_k \cdot t = k \cdot v'_s(a-1) \cdot t \tag{8}$$

La cantidad de calor Q_1 se extrae del gas portante, el cual se enfría debido a esto. Si se desprecia, en primera aproximación, la cantidad de calor para calentar el material y suplir las pérdidas, la cual por lo general es despreciable respecto a la otra, mejor dicho, si se supone que el material entra precalentado al secador, se tiene la siguiente ecuación de equilibrio:

$$\frac{G_{st}}{\gamma_k} \cdot r\ (\gamma_{k1} \cdot f_1 - \gamma_{k2} \cdot f_2) = G_l \cdot c_l\ (\vartheta_{le} - \vartheta_{la}) \tag{9}$$

por medio de la cual se puede determinar el caudal de gas G_l.

Mientras el material se encuentra húmedo en la superficie y suponiendo que sólo se encuentre en intercambio de calor y material con el gas de secado, adquirirá, siempre que no se encuentre precalentado, en general rápidamente en la superficie la temperatura límite τ. El valor de la diferencia media de temperatura vale entonces aproximadamente:

$$(\triangle\ \vartheta)_m = \frac{\vartheta_{le} - \vartheta_{la}}{\ln \dfrac{\vartheta_{le} - \tau}{\vartheta_{la} - \tau}} \tag{10}$$

En la práctica se elige la temperatura de entrada del gas ϑ_{le} de acuerdo con la sensibilidad al calor del material o según la fuente de calor. Por razones de economía se prefieren valores altos de la temperatura ϑ_{le}, en contraste con una temperatura de gases de escape ϑ_{la} mínima. En un ejemplo, sea la diferencia de temperatura entre gas y material, al final del secado de una etapa, igual al 10% de la diferencia inicial, además el gas no contenga humedad al principio, entonces si las condiciones de la ecuación (10) se cumplen, se obtienen las relaciones entre v_{lc}, ϑ_{la}, τ y $(\triangle\ \vartheta)_m$ representadas en la figura 4.

Para algunas relaciones características la figura 5 muestra el tiempo y camino de secado, de los que dependen las dimensiones del aparato, bajo las condiciones antes indicadas para materiales de distinta granulometría. El tiempo de secado crece en forma extraordinaria con el diámetro de la partícula, pero más aún el largo del secado. Partículas de 0,2 mm de diámetro ocupan sólo un largo de 0,4 m de camino de secado en la corriente de gases calientes, partículas de 1mm de diámetro en cambio ocupan 26 metros. Se reconoce que secadores sencillos, ver fig. 1, sólo son aptos para materiales de grano muy fino, o para aquellos que contienen poca humedad. Para materiales gruesos y húmedos los caminos de secado deberían ser más largos de lo que prácticamente se pueden hacer. Por esto, materiales gruesos se secan por lo general en secadores de circuito cerrado, en los cuales el material recorre varias veces el mismo camino y si es necesario se somete a molienda.

Cuando se desea hacer comparaciones con secadores de otro tipo, es útil el valor de la *evaporación específica media*, o sea la cantidad de agua que se evapora por unidad de volumen del secador. Se obtiene esta cantidad de agua calculando la superficie de las partículas que se encuentran en 1m³ del conducto de secado y determinando la cantidad de calor que pasa a las partículas en una hora. Dividiendo este valor por el calor de vaporización de la humedad, se obtiene el valor de la evaporación específica media

$$\overline{w} = \frac{6\ \overline{\alpha}_c}{d_k \cdot r} \frac{G_{st}}{G_l} \frac{\gamma_l}{\gamma_k} \frac{a}{k\ (a-1)} \quad (\triangle\ \vartheta)_m \tag{11}$$

Como cambia el valor $\overline{w}$ en un caso dado en función de la temperatura de entrada de los gases ϑ_{le} se ve en la figura 6. La ecuación de equilibrio exige que la relación G_{st}/G_l varíe con ϑ_{le} tal como lo indica el gráfico. Se observa que $\overline{w}$ tiene un valor bajo para material grueso, en cambio es alto para un material de grano fino. Aun los secadores de tambor, que son muy eficaces, no logran bajo las mismas condiciones, en la unidad de espacio encerrado por el secador, valores tan altos de evaporación al secar material de grano fino.

Debido a que los secadores de chorro en su construcción no precisan de maquinaria, descontando los molinos u otros accesorios que a veces son necesarios, aunque no alcancen valores muy altos de vaporación específica, se pueden construir en forma más barata que los secadores de otros tipos.

Instalación y aplicación.

En secadores de chorro según la figura 1 el material vuela junto con los gases a través del conducto ascendente. Ahí se encuentra sólo al principio con gases calientes, pero no adquiere una temperatura alta, mientras en su superficie se evapora agua. Después es arrastrado por gases cuya temperatura ha bajado considerablemnte. Por esto los secadores de chorro son aplicables a materiales sensibles a la temperatura, en especial a materiales cristalinos de grano fino, por cuanto la humedad se encuentra principalmente en la superficie o porque el tiempo de secado es sólo de algunos segundos.

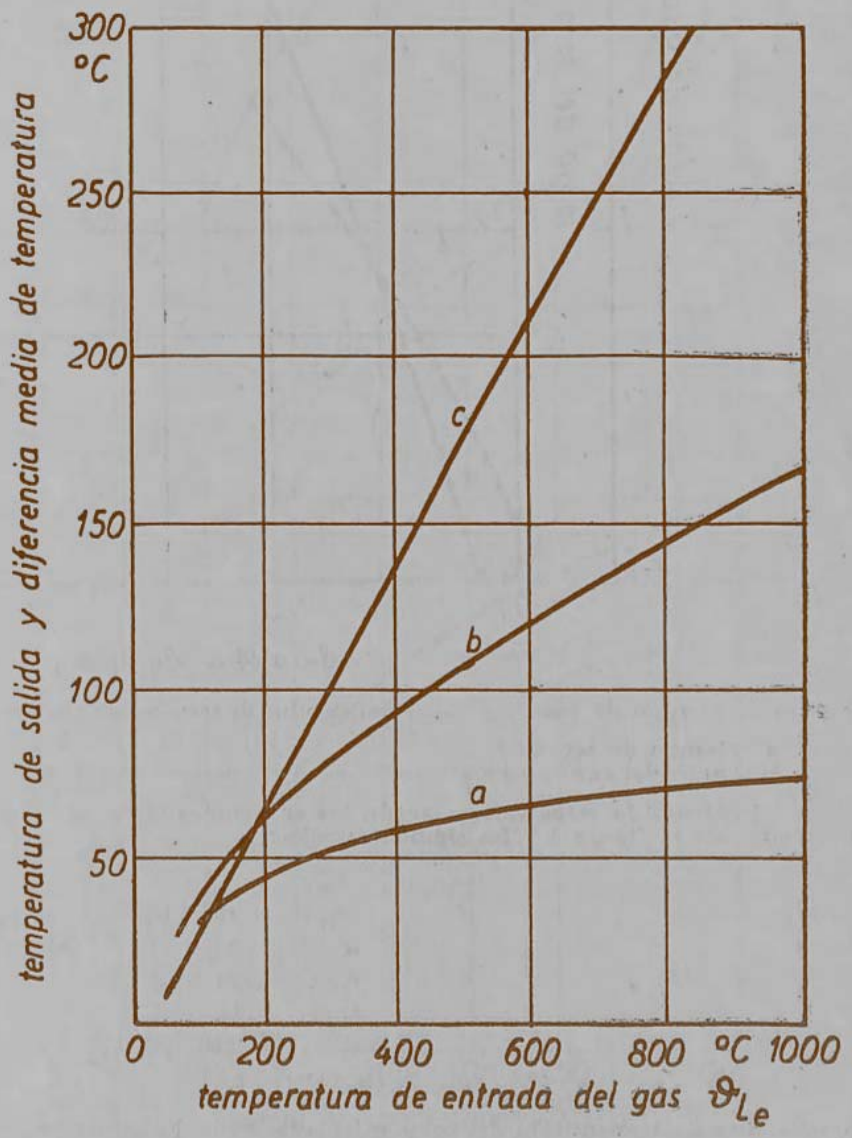


Figura 4. Temperaturas en un secador de chorro en función de la temperatura de entrada del gas.

Se ha supuesto que al comienzo el gas no contenga humedad y que la diferencia de temperatura entre gas y material al final sea un 10% de la diferencia de temperatura inicial. Se ha despreciado el calentamiento del material.

a Temperatura final τ del material (temperatura límite).

b Temperatura ϑ_{la} de escape del gas.

c Diferencia media de temperatura $(\triangle \vartheta)_m$ entre gas y material cuando la superficie de éste está permanentemente húmeda.

Por medio de separadores colocados al final del conducto, se pueden secar también materiales cuya humedad se desprende lentamente. Se aprovecha en este caso de la propiedad de que las partículas, que al final del conducto todavía están muy húmedas, son por lo gene-

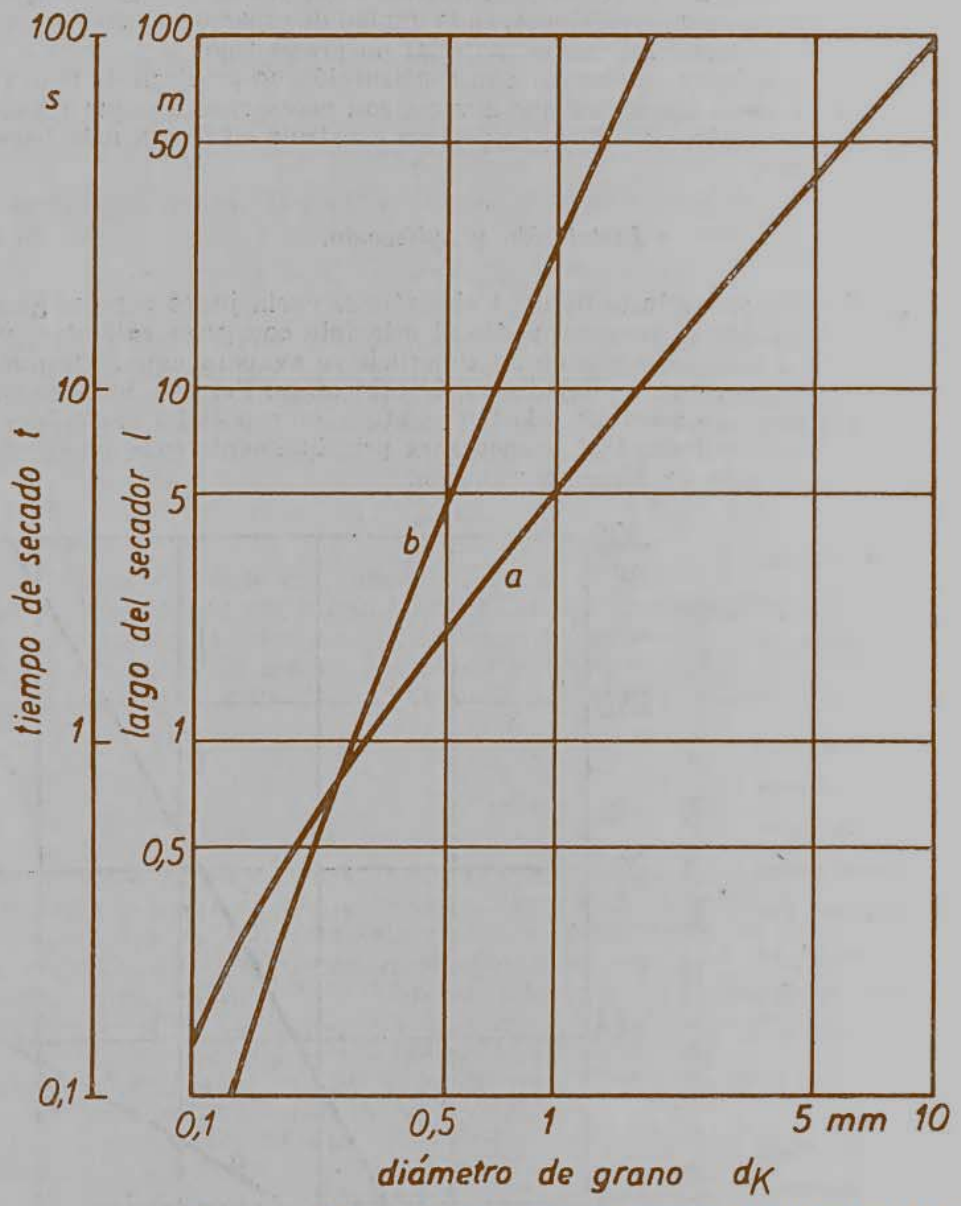


Figura 5. Tiempo de secado y largo del camino de secado en función del diámetro de las partículas.

a Tiempo de secado t.
b Largo del camino de secado l.

El cálculo de estos valores según las ecuaciones (7) y (8) está basado en las condiciones indicadas en la figura 4 y los siguientes valores:

$$\vartheta_{le} = 700 \ [^\circ C]$$
$$\vartheta_{la} = 133 \ [^\circ C]$$
$$a = 2 \ [\div]$$
$$f_1 = 74 \ [\%]$$
$$f_2 = 10 \ [\%]$$
$$\gamma_k = 1300 \ [kg/m^3]$$
$$G_{sl}/G_l = 0{,}33$$

Coeficiente de transmisión del calor calculado según Frössling [9].

ral las más pesadas y se apartan por fuerza centrífuga de las más pequeñas en el separador. El separador aparta las partículas húmedas y deja que las más secas sigan con la corriente de gases. Después de extraídas del separador las partículas húmedas se pueden moler, si es necesario, para que formen nuevas superficies. Se devuelven estas partículas a una zona del conducto de acuerdo con su humedad y se las hace recorrer el circuito una o varias veces más. Una determinada molienda se verifica en el secador mismo; la evaporación rápida de la humedad de las partículas produce en las capas exteriores, en especial cuando se emplean gases de alta temperatura, muchas veces contracciones bruscas, debido a las cuales las partículas se quiebran (o dividen). Se han construído estos secadores neumáticos para secar carbones, arcillas, yeso, resinas sintéticas, pigmentos y muchos otros materiales. En los molinos de tales instalaciones se produce un considerable secado adicional.

Cuando un material de poca humedad es sensible a la temperatura no es recomendable introducir las partículas que deben recorrer nuevamente el secador en las parte delantera en la zona donde los gases están más calientes, pues se podrían sobrecalentar, sino en algún lugar donde la temperatura de los gases haya disminuído a un valor soportable. Un secador

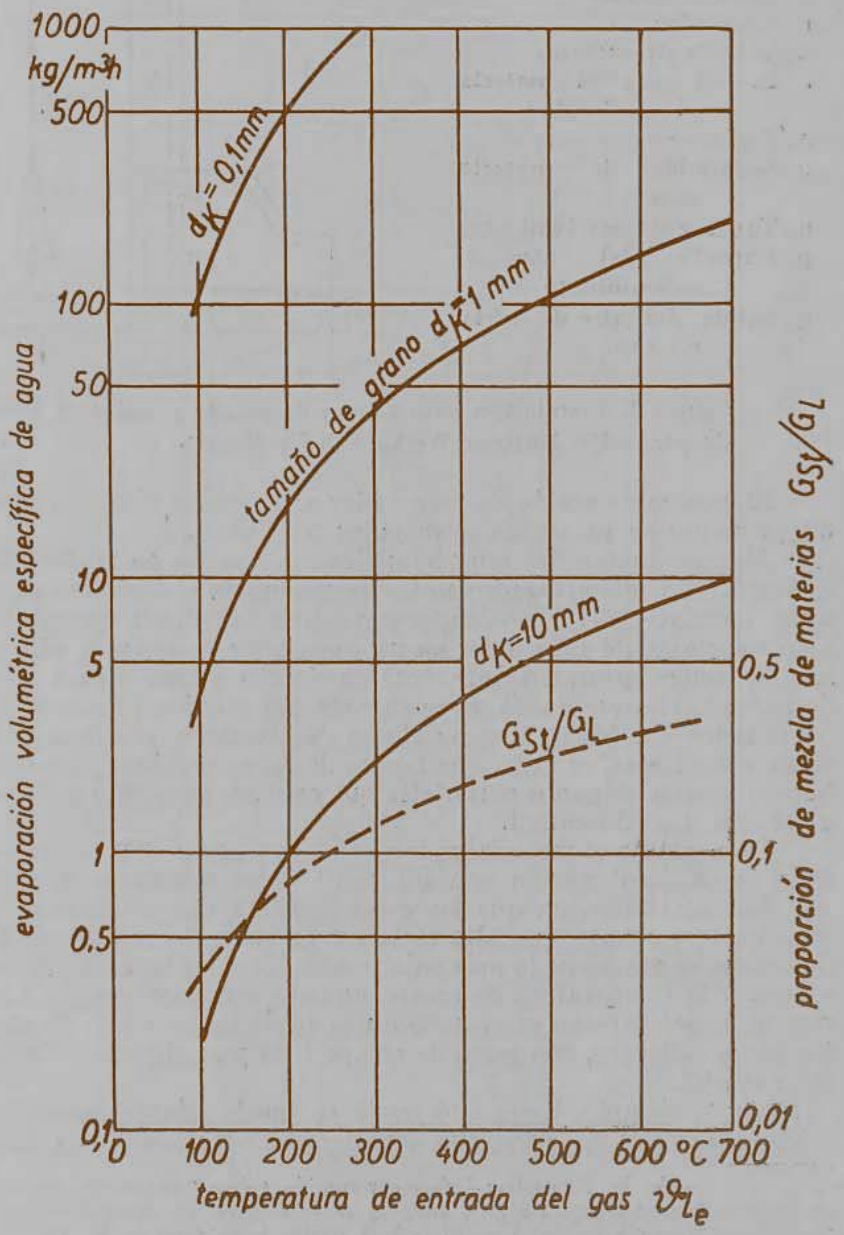


Figura 6. Evaporación de agua en un secador de chorro.

Evaporación específica media según la ecuación (11) referida a la temperatura de entrada del gas.

Se ha supuesto que, se cumplen las indicaciones de la figura 4 y que:

$a = 2$ [÷]

$k = 1$ [÷]

$\gamma_k = 1300$ [kg/m³]

$f_1 = 74$ [%]

$f_2 = 10$ [%]

Coeficiente de transición del calor calculado según Frössling [9].

de este tipo, sistema Rema–Rosin (2) lo indica la figura 7, en el cual se encuentra un antésecador delante del molino. Estas instalaciones fueron construídas para secar pastos o alfalfa y otros materiales [4].

Materiales que al final del secado no son sensibles a altas temperaturas o que al final deben ser fuertemente calentados de intento, posiblemente con la finalidad de extraer los últimos restos de humedad o agua de cristalización, se tratan favorablemente en secadores de varias etapas, en los que el material entra en contacto repetidas veces con gases calientes. En una instalación norteamericana se logró de esta manera disminuir el contenido de agua de cristalización en yeso de 2 á 0,5 mol y en sulfato de cobre de 5 a 1 mol [1].

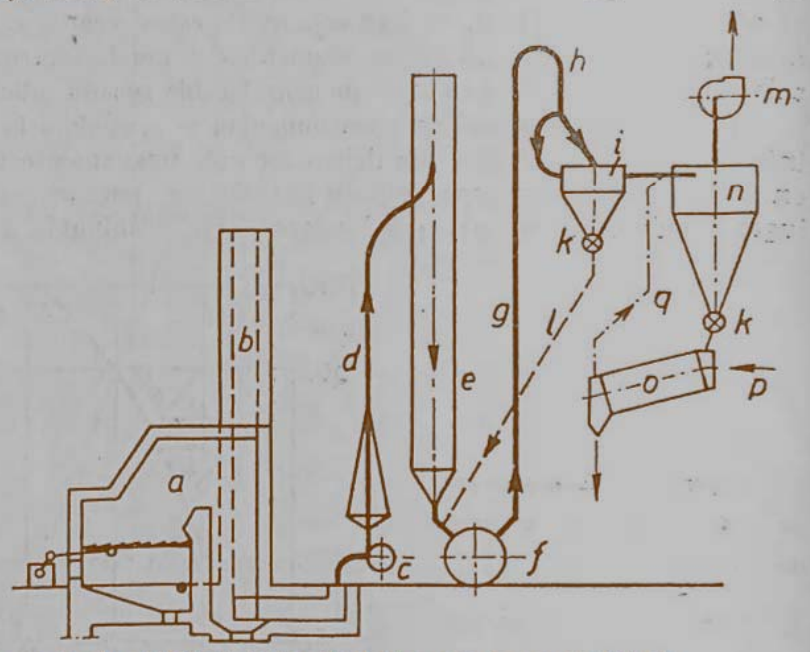


Figura 7. Instalación para secado de alfalfa y hojas de betarraga (esquemático). Construcción Büttner Werke AG, Uerdingen.

El campo de acción de un secador a chorro no sólo está limitado a materiales que desde un principio se presentan granulados o fibrosos.

Algunos materiales muy húmedos son secados en un molino por el cual pasan los gases calientes y luego entregados en forma granulada al conducto de secado. A veces se hace necesario que materiales como fangos y residuos de filtrado que contienen hasta un 90% de agua, sean previamente mezclados en un mezclador de palas u otro aparato similar con material secado con anterioridad (que sigue un circuito cerrado) para formar una mezcla de 40 a 50% de humedad la que puede ser molida sin dificultades. Figura 8. Tales instalaciones se emplean en Estados Unidos para secar gluten de cereales y residuos de industrias de elaboración del trigo y maderera, al igual que fangos de aguas servidas y de carbón. El material seco se elabora o quema. Algunos materiales que en otros secadores se atascan, atraviesan los secadores a chorro sin dificultad.

Para juntar el material seco se emplean por lo general separadores de fuerza centrífuga, solos o en combinación con filtros de bolsa o separadores eléctricos.

Los secadores, en que los gases recorren una sola vez el circuito, trabajan tanto más económicos, cuanto más alta es la temperatura de entrada de los gases y si la temperatura de escape se mantiene lo más baja posible. Si el material impide el uso de gases de alta temperatura y la temperatura de escape no debe ser muy baja, aún se puede trabajar económicamente, si se emplean nuevamente una parte de los gases de escape. Se mezclan en este caso los gases calientes, con gases de escape fríos y se obtiene así una temperatura admisible para el material.

Como ejemplo, hasta qué grado se puede adaptar uno de estos secadores de recirculación de gases a las exigencias especiales del material, está dada la instalación de la figura

(2) Según E. Rammler: Informe resumido sobre ensayos de secado de alfalfa y hojas de beterraga en un secador de circuito rápido Büttner en la fábrica de azúcar Stöbnitz. (Schriften des Reichskuratoriums fuer Technik in der Landwirtschaft Berlín 1940, Heft 86 S. 123/30).

9, la cual se construyó para secar viruta larga de madera para la fabricación de planchas. La viruta de madera es difícil de tratar, pues se deshilacha como lana de madera. Además, contiene partículas muy finas , necesarias para elaboraciones posteriores, que al comienzo se adhieren a la viruta y que deben ser separadas; esto difícilmente se logra por medio de tamices. En el aparato indicado, la viruta se seca y separa del polvo en un solo proceso. La instalación reúne tres secadores conectados uno detrás del otro, que trabajan con bajas temperaturas distintas, escalonadas en tal forma, que las partículas de polvo no se sobrecalienten en ninguna parte y que la viruta alcance unos 65 hasta 68°C.

Los gases que alimentan las distintas etapas del secador por los conductos **b** son absorbidos, en su mayoría, conjuntamente con el polvo separado en la cámara de desviación **e**, desde el conducto de secado **d**, limpiados en el separador ciclón **f** y devueltos al soplador **c**. Mientras que la viruta desciende a través de los tubos **h** hacia la próxima etapa. La recirculación de los gases tiene en este caso la ventaja que los gases calentados en el fogón no sólo se introducen con mayor temperatura en el proceso, sino que con un menor contenido de oxígeno, ya que en este caso no es necesario mezclarlos antes con aire frío. El deseo de emplear gases con poco contenido de oxígeno se debe a razones de seguridad. Además la instalación dispone de varios dispositivos de seguridad contra detonaciones. La instalación proporciona viruta sin polvo y el polvo se puede recuperar casi totalmente. El gasto de calor es de sólo 900 kcal por cada Kg. de agua evaporada.

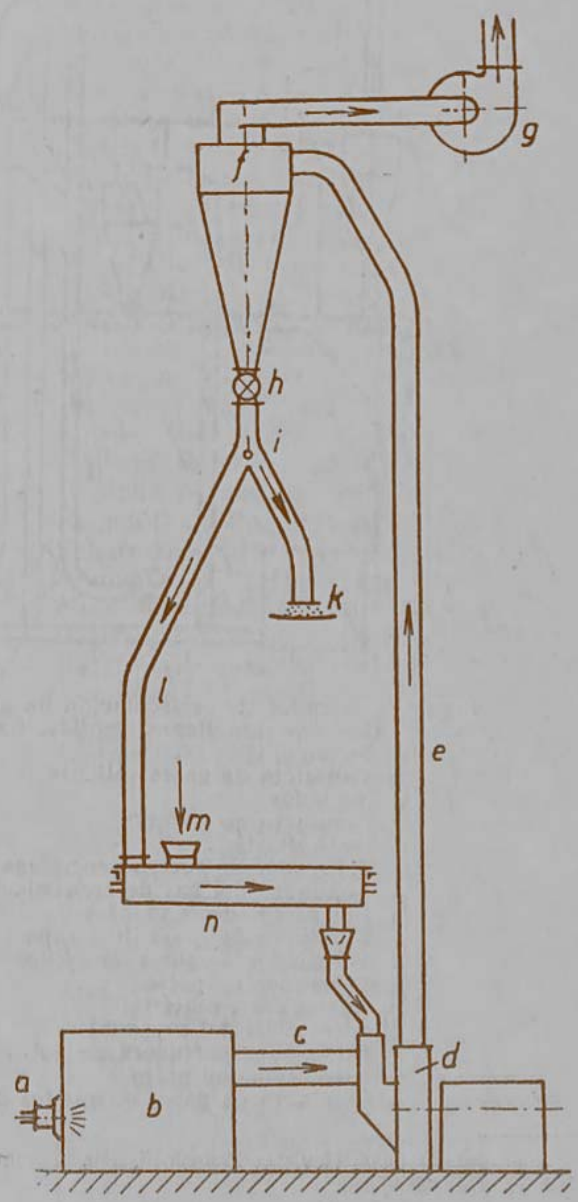


Figura 8. Secador de chorro con mezclador de palas, molino calentado y recirculación del material.

- **a** Quemador
- **b** Cámara de combustión
- **c** Conducto de gases calientes
- **d** Molino
- **e** Tubo ascendente del secador
- **f** Separador de material
- **g** Ventilador
- **h** Válvula de esclusas
- **i** Mariposa con cambiador de tiempo
- **k** Extracción del material seco
- **l** Conducto de recirculación
- **m** Entrega de material húmedo
- **n** Mezclador de rosca de paletas.

Para que el material granulado se encuentre por un tiempo largo en contacto con los gases, en una construcción especial se le da al conducto un ensanchamiento en forma de embudo. En éste la velocidad del gas disminuye hacia arriba de modo que sólo los granos suficientemente secos siguen hasta el separador. Estos aparatos trabajan satisfactoriamente cuando las partículas son de un tamaño más o menos uniforme.

Como pertenecientes al grupo de los secadores de chorro se pueden considerar los secadores de fontana, construcción tipo Barthelmess, los que se emplean para secar: arcilla, caolín y otros materiales húmedos. Los aparatos consisten de una cámara de secado cilíndrica, a la cual el material se lanza por medio de un molino de martillos o por medio de una corriente de aire axial y los gases calientes se introducen en forma tangencial. En el interior los gases hacen un movimiento espiral semejante a los de algunos secadores de pulverizador y entran así en íntimo contacto con el material. El material seco se extrae por medio de los gases en forma axial.

También se considera como secador de chorro, la instalación desarrollada por Stephanoff, para el secado y molienda fina de materiales (3). Consiste de un sistema de circuito cerrado en el cual se introduce el material húmedo por medio de aire caliente o chorros de vapor a la velocidad del sonido. El material es arrastrado en un circuito cerrado, secado y dividido casi instantáneamente. Cuando ha alcanzado el debido grado de humedad y finura abandona el secador a través de un separador.

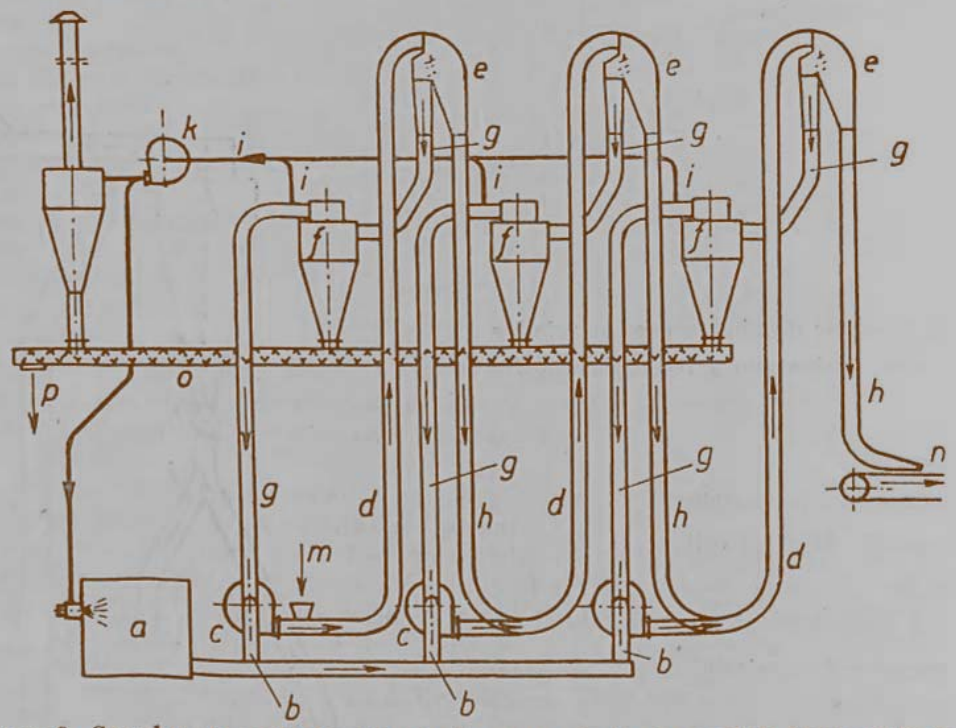


Figura 9. Secador de recirculación de gas para viruta de madera (esquemático). Construcción Benno Schilde, Bad Hersfeld.

a Fogón
b Conducto de gases calientes
c Soplador
d Conducto ascendente
e Codo desviador
f Separador de fuerza centrífuga
g Conducto del gas de recirculación
h Conductos descendentes
i Conducto de gases de escape
k Ventilador de gases de escape
l Separador de polvo
m Entrega del material
n Extracción del material
o Rosca transportadora de polvo
p Extracción del polvo
q Conducto de gases quemados de mezcla.

(3) Patente Norteamericana 2297726.

Traducido de la Revista: Zeitschrift des Vereins Deutscher Ingenieure. 1 de Mayo de 1952. Tomo 94 N.º 13. Pág. 360/364.

TITULADOS EN LA UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA

Ingenieros Mécanicos

Acuña Macuada, Guillermo
Bargsted Kobrock, Walter
Barros Demarchi, Federico
Benado Rejowitzky, Ernesto
Browne Soublette, Jaime
Busch Bräutigam, Rolf
Canto Araneda, Danilo
Catepillán Urbina, Domingo
Ceruti Gardeazábal, Carlos
Ceruti Gardeazábal, Fernando
Charles Mitchell, Malcolm
Chiang Acosta, Gustavo
Contreras Navia, Sergio
Enríquez Hidalgo, Aníbal
Fabri Olivarí, Luis
Gardeweg Baltra, Jorge
Gili Busquets, Ramón
González Muñoz, Renato
González Pellisier, Jorge
González Villalobos, Francisco
Grote Meyer, Helmut
Gyarmati Kardos, Gabriel
Herrera Delgado, Julio
Heyl Kauffmann, Udo
Hiller Kuhlmann, Helmut
Hunt Sharpe, Luis
Klimpel Alvarado, Reinaldo
Langen Saavedra, Rodolfo
Lasserre Dorlhiac, Carlos
López Krüger, Carlos
Marín Montauban, Carlos
Mualim Lama, Francisco
Olivares Goldsworthy, Gustavo
Paz López, Augusto
Peña Ojeda, Enrique
Pino Moreno, Arnaldo
Rosenzweig Frisman, Humberto
Sarmiento López, Gastón
Schroers Richter, Curt
Schwarzenberg Fonck, Ricardo
Serra Despouy, Manuel
Singer Spierer, Fred
Vidal Barros, Fernando

Ingenieros Electricistas

Achurra Cariola, Alejandro
Alcalde Langdon, Roberto
Aspillaga Favier, Luis
Azpiri Garralda, Esteban
Ballivián Velasco, Víctor
Becerra Giles, Gustavo
Benavides Rojas, Víctor
Bongain Vela, Enrique
Cápona Araya, Homero
Contreras Navia, Manuel
Corssen Rivera, Fernando
Durán Bächler, Raúl
Enríquez Castro, Jorge
Fernández Valenzuela, Carlos
García Rojas, Roberto
Gevert Schwarzlose, Jörn
Graell Alonso, Juan
Hernández Sánchez, Juan
Hornauer López, José
Hozven Echeverría, Alberto
Martínez Grove, Guillermo
Martínez-Conde Maeztu, Nicolás
Merino Castro, Carlos
Montané Vives, David
Morel Chaigneau, Eduardo
Moya Díaz, Robinson
Muñiz Muñiz, Federico
Muñoz Anaya, Lorenzo
Neuweiler Tognarelli, Helmut
Niemeyer Grob, Carlos
Pacheco Cano, Leónidas
Pinedo Goicoechea, Rodolfo
Ribbeck Fantini, Carlos
Rosende Nachmann, Guido
Salinas Palacios, Santiago
Schürmann Schwarzenberg, Julio
Seemann Grob, Hans
Silva Holzapfel, Alfonso
Sturrock Armstrong, Denis
Vargas Espinosa, Miguel
Vera Gual, José M.
Vodanovič Karstulovič, Zvonimir
Werner Held, Hardi

Ingenieros Químicos

Abuauad Abraham, Eduardo
Aguirre Ode, Fernando
Alonso Raby, Ricardo
Alvarez Rojas, Roberto
Alvarez Stevenson, Sergio
Artaza Bengoechea, Justo
Asenjo Gutiérrez, Patricio
Beeche Stevenson, Carlos

Beeck Navarro, Rodolfo
Bittencourt Riofrío, Julio
Chase Davis, Roberto
Chiang Acosta, Jaime
Danés Bley, Luis
Donoso Rojas, Héctor
Edwards Mackenna, Carlos
Engländer Mattutat, Wolfgang
Gallegos Vallejo, Sergio
García Escribano, Jorge
Gardeweg Baltra, Enrique
Gleisner Anwandter, Rodolfo
González Cruchaga, Enrique
Gremler Reimers, Enrique
Henderson Silva, Douglas
Horzella Ivens, Teodoro
Jeria Bravo, Sergio
Kunstmann Leuschner, Gerardo
Larraín Lorca, Homero
Letelier Martelli, Jorge
Luxoro Mariani, Mario
Marty Calvo, Alejandro
Matthews Carvallo, Roberto
Moreno Rogers, Ignacio
Navarro Silva, Jorge
Nelson Inch, David
Ossa Escobar, Gastón
Penna Miranda, Marino
Pérez Honeyman, Ricardo
Pérez Izarzugaza, Mariano
Phillips Paulsen, Juan E.
Pi Barral, Rafael
Pollock Tello, Douglas
Rivera Errázuriz, Ramón
Rotman Arensburg, Boris
Sahli Nattermann, Raúl
Schmidt Ortega, Pedro
Silva Rojas, Jorge
Sinek Kaufmann, Joaquín
Taverne Lachaise, Jorge
Thornton Strahan, Frank
Valdivia Ponchier, Eugenio
Villanueva Couve, Javier
Villaseca Lillo, Eugenio
Wendt Berger, Ricardo

Constructores Civiles

de la Barra Haebig, Víctor
Brehme Gredig, Reinaldo
Cerda Chandía, Fernando
Clavero Contreras, Enrique
Correa Schmeisser, Rodolfo
Chánique Bórquez, Héctor
Christie Muñoz, David
Guerra Oviés, Pedro
Hernández Castro, Eduardo
Hidalgo Stevenson, Gastón
Huerta Barahona, Luis
Ibarra Flores, Manuel
Jara Fuentes, Luis
Latapiatt Contreras, Manuel
López Cifelli, Víctor
Moltedo Herrera, Silvio
Moreno Rogers, Humberto
Montes Brunet, Eugenio
Navarro Morales, Iván
Pérez Blanch, Alberto
Pizarro Toro, Luis
Sobrino Sanz, José
Tupper Valenzuela, Joaquín
Wentzel Neumann, Harald
Zamorano Erazo, Agustín
Zubicueta Soto, Héctor

Técnicos Mecánicos

Arancibia Orrego, Ramón
Argandoña Irrazábal, Guillermo
Baehr Unglaub, Oscar
Benítez Necochea, Jaime
Borchers González, Walter
Bocaz Guzmán, Onel
Cáceres Peñailillo, Guillermo
Castro Schwinge, Helmut
Cruciani López, Rosato
Enchelmeyer Bergen, Eduardo
Falcón Purcell, Francisco
Fergadiotti Mesa, Carlos
Finster Hafenreffer, Germán
Giraud Fernández, Miguel
Hertrampf Dehn, Erwin
Jiménez Zamora, Roberto
Koch Mendoza, Emilio
Krause Weidlin, Heinz
Küpfer Pfister, Norberto
Larrañaga Escudero, Sergio
Llados Fenieux, Sergio
Marinelič Foretič, Nicolás
Molina Domínguez, Mario
Mullins Condon, Guillermo
Pérez Escobillana, Sergio
Pino Espinoza, Juan
Rückoldt Utreras, Alberto
Salinas Cabrera, Augusto
Scassi-Buffa Moltedo, Pablo
Tietzen Hartung, Enrique
Villarroel Villarroel, Marcos
Vallejo Cabeza, Angel
Zopp Vergara, Alfredo

Técnicos Electricistas

Arizaga Nóbriga, Alberto
Barrientos Andrade, Sergio
Bernabé Contreras, Raúl
Escobar Gómez, Adolfo
Figueroa Burg, Felizardo
Germain Zamorano, Miguel
González Villarroel, Héctor
Hau Arias, Ernesto
Intriago Castillo, Luis

Neckelmann Eberhard, Rodolfo
Opazo Morgado, Gustavo
Pujol Coloma, Rafael
Sciberras Mujica, Jorge
Tampier Galle, Carlos
Villaseca Lillo, Vicente

Técnicos Mueblistas

Alvarado Rossi, Carlos
Blanchard Benítez, Alfredo
Candia Figueroa, Juan
Castillo Inostroza, Héctor
Escobar Cortez, Guillermo
Feldstedt Villarroel, Bruno
Flores Delpino, Héctor
Hormazábal Alarcón, Alberto
Humbser Elizalde, Jorge
Montenegro Herrera, Miguel
Nicolet Wilson, Boris
Olea Devia, Eduardo
Pavez Castro, Roberto
Pizarro Riveros, Juan
Tobar Campos, Rómulo
Vargas Macier, Germán
Villalobos Espejo, Manuel
Westerhout Lizama, Raimundo
Wilkens Puls, Walter

Técnicos Fundidores

Vásquez Muñoz, Jorge
Volosky Friedman, Sergio

Técnicos Químicos

Aldea Monárdez, Víctor
Amaya Sáez, Ernesto
Crichton Padilla, Jorge
Friederichs Schmidt, Gerd
García Beguerie, Rafael
Jofré Tapia, Carlos
Koch Eimbicke, Federico
Larraín del Canto, Jorge
Moreno Sainz, Urbano
Munita Fernández, Claudio
Olivares Bassi, Eduardo
Paulsen Espejo, Gustavo
Pilowsky Roffer, Beny
Quiroz Gálvez, Luis
Tolosa Rocco, Fernando

Decoradores de Interiores

Beyn, Jan
Büsing, Sybille
Canessa, Nedda
Consigliere, Elsa
Domínguez, Elena
Ferrari, María
Gaete, Nelly
Hildebrandt, Erna
Moreno, Silvia
Pérez de Arce, Graciela
Pickhardt, Matilde
Risso, Elia
Styles, Kathreen
Urbina, Anita
Villalobos, Iris
Wallace, Rose-Marie

Aceites Lubricantes

PARA AUTOMOVILES Y LA INDUSTRIA EN GENERAL

ofrecen:

COMPAÑIA DE PETROLEOS DE CHILE

PRAT 827 — TELEF. 7441-7442 — VALPARAISO

COMPAÑIA INDUSTRIAL

Para

AHORRAR TIEMPO Y DINERO ...
Y OBTENER UN

LAVADO PERFECTO

Usese EL COMPONENTE MODERNO
DE TRIPLE EFECTO CONSECUTIVO:

Jabonela

MILAGRO M.R.

SU CONTENIDO DE:

- JABON
- REMOJADOR
- DETERGENTE

LE SIRVE PARA REMOJAR Y LAVAR SU ROPA

Calidad Cantidad

FABRICANTES DEL AFAMADO JABON "GRINGO"

REVISTA SCIENTIA

ORGANO OFICIAL DE LA

UNIVERSIDAD TECNICA F. SANTA MARIA

PRECIO DEL NUMERO SUELTO ..... $ 50.—

SUSCRIPCION ANUAL ..... „ 180.—

REDACCION Y ADMINISTRACION: VALPARAISO,

CASILLA Nº 110 - V

En venta en:

Santiago: Editorial Cultura, Huérfanos 1165

Valparaíso: Oficina de Informaciones — Correo Central

Agentes en:

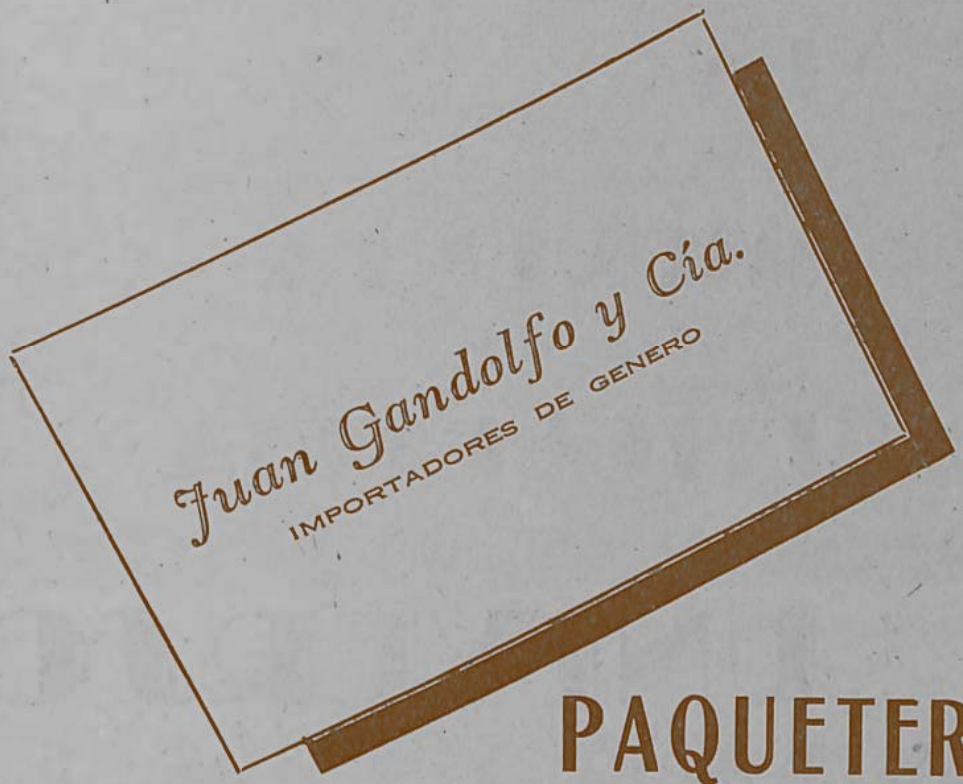
Rancagua: Librería del Sr. Julio Barrientos, Carrera Pinto 1076

Antofagasta: Librería Ercilla: Juan Grusic Peric, Matta 417.

Concepción: Gabriel Vargas G., Av. Pedro de Valdivia 491.

La Revista "Scientia" necesita agentes en las siguientes ciudades: Santiago, Valdivia, Osorno y Punta Arenas.

FABRICA DE ROPA HECHA



PAQUETERIA

VALPARAISO

Avenida Brasil 1629
Casilla 1718 — Teléfono Auto 449

SOC. INDUSTRIAL Y COMERCIAL

TH. STORM Y CIA.

CASILLA 593 - COCHRANE 563 - BLANCO 564
TELEFONO 4023 OFICINA — VALPARAISO — TELEFONO 2363 VENTAS
DIRECCION TELEGRAFICA "LEJEUNE"

FERRETERIA - ARTICULOS NAVALES - MERCERIA

Soc. de MUEBLES y TAPICES Ltda.

La más antigua y acreditada

FABRICA DE MUEBLES

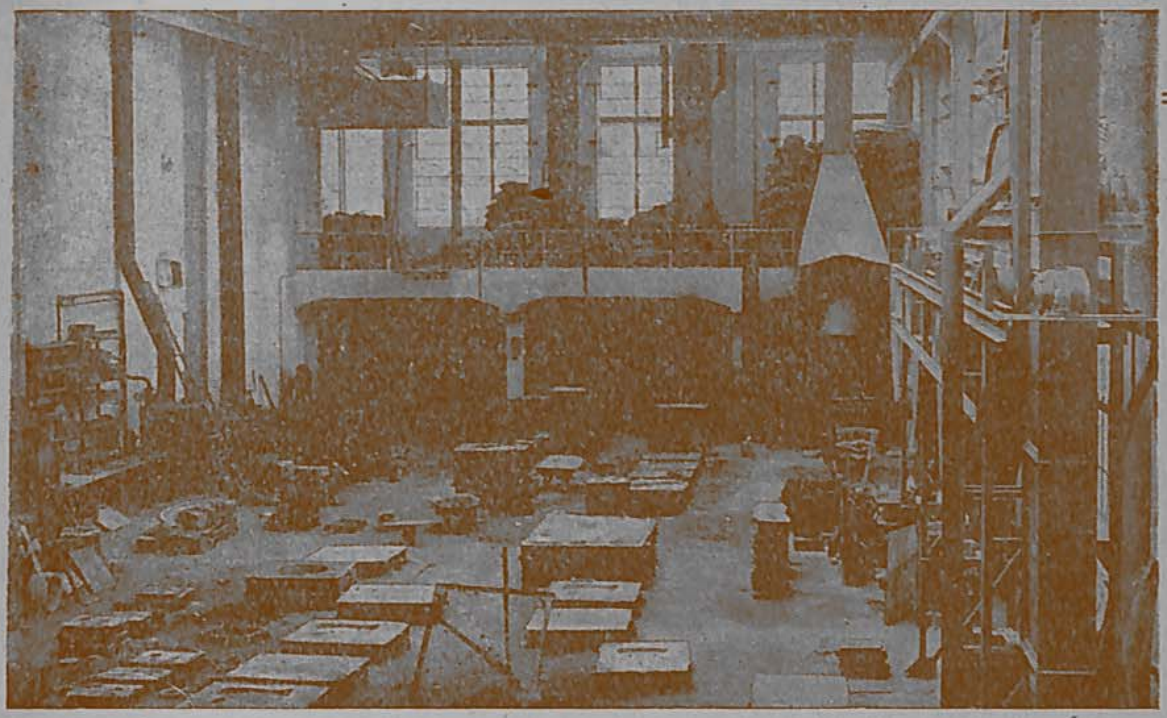
CONDELL N.° 1525 VALPARAISO TELEFONO N.° 3304

LA IMPRENTA y LITOGRAFIA UNIVERSO S. A.

Tiene la instalación más completa y más moderna en Sud - América y hace todo trabajo en el ramo de Artes Gráficas desde la tarjeta de visita hasta los documentos de seguridad, desde la simple factura hasta las obras científicas más complicadas. Todo a precios módicos.

VALPARAISO
Av. José Tomás Ramos 105 - Casilla 102-V.

SANTIAGO
Av. Santa María 0108 - Casilla 1017



TALLER EXPERIMENTAL DE FUNDICION DE ACERO UNIVERSIDAD TECNICA "FEDERICO SANTA MARIA"

ACEROS FUNDIDOS

corrientes y especiales garantidos. Nuestras experiencias son estudiadas en colaboración con los ingenieros de la Sociedad Fábrica de Cemento "El Melón"

VARIOS TECNICOS A SU SERVICIO

DIRECCION TELEGRAFICA: "CINCEL" — ESTACION DE EMBARQUE BARON

CASILLA 6034 — TELEFONO 5319

VALPARAISO

PRODUCTOS: "CINCEL"

JULIO FERNANDEZ CORREA

MEJORES SIEMPRE

LA CHILENA CONSOLIDADA

Capitales y Reservas exceden de

100 MILLONES DE PESOS

Rogamos a los escritores, instituciones y particulares que simpaticen con la alta misión educativa de la Universidad Técnica "Federico Santa María", se sirvan cooperar con el envío de sus producciones literarias. Les serán agradecidas debidamente sus valiosas colaboraciones.

PIDAN CALCETINES

"5 RAYAS"

son los mejores.

REVISTA SCIENTIA

ORGANO OFICIAL DE LA

UNIVERSIDAD TECNICA F. SANTA MARIA

PRECIO DEL NUMERO SUELTO ..... $ 50.—

SUSCRIPCION ANUAL ..... „ 180.—

REDACCION Y ADMINISTRACION: VALPARAISO,

CASILLA Nº 110 - V

En venta en:

Santiago: Editorial Cultura, Huérfanos 1165

Valparaíso: Oficina de Informaciones — Correo Central

Agentes en:

Rancagua: Librería del Sr. Julio Barrientos, Carrera Pinto 1076

Antofagasta: Librería Ercilla: Juan Grusic Peric, Matta 417.

Concepción: Gabriel Vargas G., Av. Pedro de Valdivia 491.

La Revista "Scientia" necesita agentes en las siguientes ciudades: Santiago, Valdivia, Osorno y Punta Arenas.

Imprenta y Litografía Universo S. A. - Valparaíso - Chile - 1954.