

energía térmica - calor - eficiencia térmica
termodinámica - termoenergía

BALANCE TÉRMICO - DIAGRAMA DE SANKEY.

Ing. Livio Dante Porta.

Cada fábrica debe saber que pasó con el calor que entra en la misma en forma de combustible y sale en forma de producto elaborado. La relación, expresada en unidades convenientes (p.ej. cal/t de productos) es termómetro de la buena administración calórica y generalmente también espejo de la buena administración industrial.

Los ingenieros a cuyo cargo corre la parte térmica de toda fábrica deben estar informados acerca de:

- 1 - Cuales son los valores típicos de su industria.
- 2 - Cual es la tendencia (tend).)
- 3 - Cuales son los verdaderos óptimos de su industria.
- 4 - Cuales son los valores de su fábrica.
- 5 - Cual es la incidencia económica anual y cual la inversión que, en estudios y equipo, se justifica para alcanzar economías.

Evidentemente el último es decisivo, pero para alcanzarlo es necesario hacer un análisis que se logra mediante el balance térmico, del cual es expresión gráfica el diagrama de Sankey.

Diagrama de Sankey.

Consiste en expresar gráficamente, generalmente en cal/h o cal/día la forma en como se reparte el calor en una fábrica cualquiera, (% del total utilizado).

Los pasos necesarios para construir el diagrama de Sankey correspondiente a un estado de carga dado de la fábrica con:

- a) Dibujar el diagrama en forma cualitativa.
- b) Tratar, con los datos de que ya se dispone en fábrica, de dibujarlo con mayor precisión en forma semi - cuantitativa.
- c) Efectuar la operación de balance térmico con las mediciones que son propias de cada caso y con los instrumentos especiales.
- d) Efectuar la síntesis de las mediciones. Análisis de los errores de medición y determinación del error de cierre probable. Si el error de cierre está dentro de la tolerancia originalmente prefijada, se prorratean los errores para obtener el balance correcto.

Tomaremos como ejemplo un horno de cocimiento de ladrillos refractarios para el cual C.I.P.U.E.C. llevó a cabo un balance. La construcción del horno está indicada en la fig. 1.

Cualitativamente, se han dibujado los probables flujos de calor en base a los escasos datos de que se disponía en fábrica.

Se instalaron los instrumentos detallados en la fig. 1.

Trabajándose en fábrica durante un período suficientemente largo, se obtuvieron los datos que de la fig. 2. Comparativamente, la fig. 2 inserta el resultado del balance térmico en la forma enunciada en el punto 1. Obvio es que la administración de la fábrica dispone ahora de mejores elementos de juicio para perfeccionar su horno mediante la disminución de las pérdidas que el balance acusa con claridad.

Instrumentos, mediciones.

Generalmente es posible a una fábrica tener una orientación siquiera aproximativa de lo que ocurre, de modo que una vez dibujado el diagrama de Sankey en forma cualitativa es posible una mayor aproximación cuantitativa con instrumentos relativamente simples. Pero para efectuar un diagrama con mayor precisión, es necesario disponer de un equipo especializado y, si el caso lo requiere con mediciones por duplicado para que exista un control recíproco que asegure su exactitud. Ya en esta etapa rige el principio general de la sistemática desconfianza en las medidas.

Error de cierre.

Es completamente seguro que el diagrama no "cerrará" por causas diversas: error de las estimaciones; variación en el estado inicial y final; error en las medidas, etc.

Antes de comenzar el trabajo es necesario establecerse un criterio con respecto al error de cierre, que puede ser más o menos grosero, en función del problema que se investiga. Luego debe verse si el error de cierre obtenido está dentro de la tolerancia previamente establecida.

Si no lo está, ello quiere decir que hay error en las mediciones o que el balance está mal hecho. Por ello debe hacerse un tanteo de "arreglo" de las mediciones dentro de las posibilidades que son todavía compatibles con el probable error en las indicaciones de los aparatos (p.ej. algunos grados en las temperaturas, etc.). Si aún así no cierra dentro de la precisión deseada, es necesario investigar para averiguar si el balance ha sido bien hecho, es decir si no tiene algún error conceptual.

Prorrata del error de cierre.

Se efectúa proporcionalmente a las distintas magnitudes calóricas de modo que los mayores flujos se verán afectados de la mayor corrección.

El diagrama Sankey final no incluye error de cierre.

Normas.

Las diversas industrias especializadas tienen normas para efectuar los balances calóricos y naturalmente es muy ilustrativa su lectura. La precisión

exigida por las normas supera generalmente las disponibilidades de cada fábrica, a menos que sea altamente especializada, pero ello no debe ser obstáculo para abandonarlas.

Conclusiones.

Es fundamental tener presente el punto 5. Un balance térmico y su diagrama Sankey correspondientes son efectuados siempre con una finalidad económica. Permite establecer con claridad un planteo económico de las modificaciones y estudios especializados que deben ser efectuados para mejorar los rendimientos. También es posible que a la mejora de los rendimientos corresponda un aumento de producción.

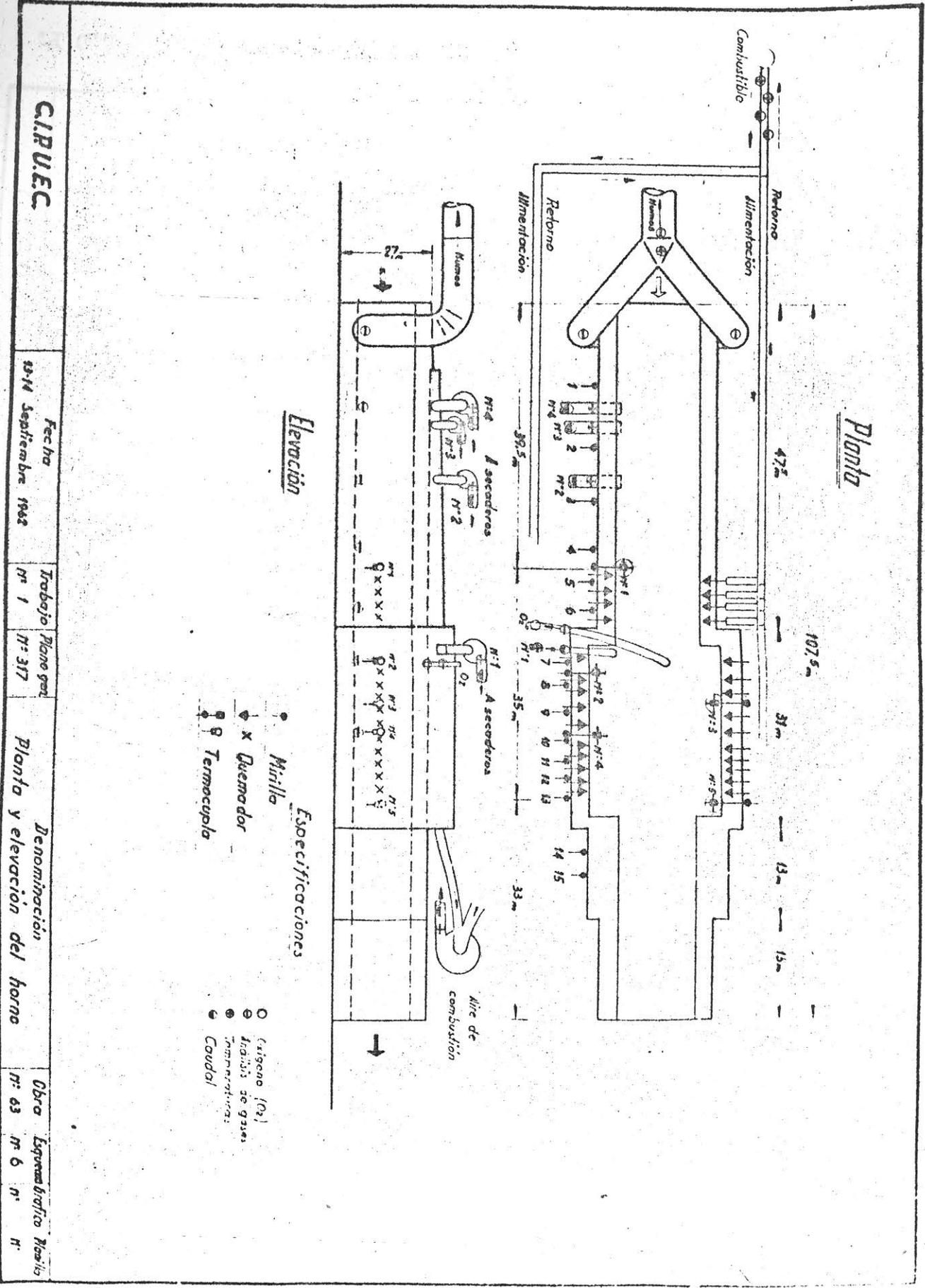
Si las diferencias encontradas con respecto a los valores típicos de la industria no son demasiado grandes, el balance térmico debe ser hecho con mayor precisión con la ayuda de instrumentos y personal técnico especializados. Puede ocurrir que esta diferencia no sea muy grande porcentualmente, pero si en cambio en su magnitud, de modo que cada 1% de mejora significa mucho dinero.

Hemos dicho al principio que saber donde va el calor no significa solo un problema térmico sino de administración. En efecto, toda medida en ese campo se refleja no solo en el correcto fluir de la fábrica sino también en su consumo calórico y el "top management" debe saberlo: el consumo calórico debe ser interpretado como índice de administración.

Aún el servicio médico, si funciona eficientemente, p. ej. hará que las ausencias de los experimentados foguistas titulares sean mínimas y en consecuencia no se producirán incrementos de consumo inherentes al empleo de relevos menos expertos.

Una última e importante observación: el balance térmico expresa el comportamiento de la instalación térmica analizada sólo teniendo en cuenta el primer principio de la termodinámica.

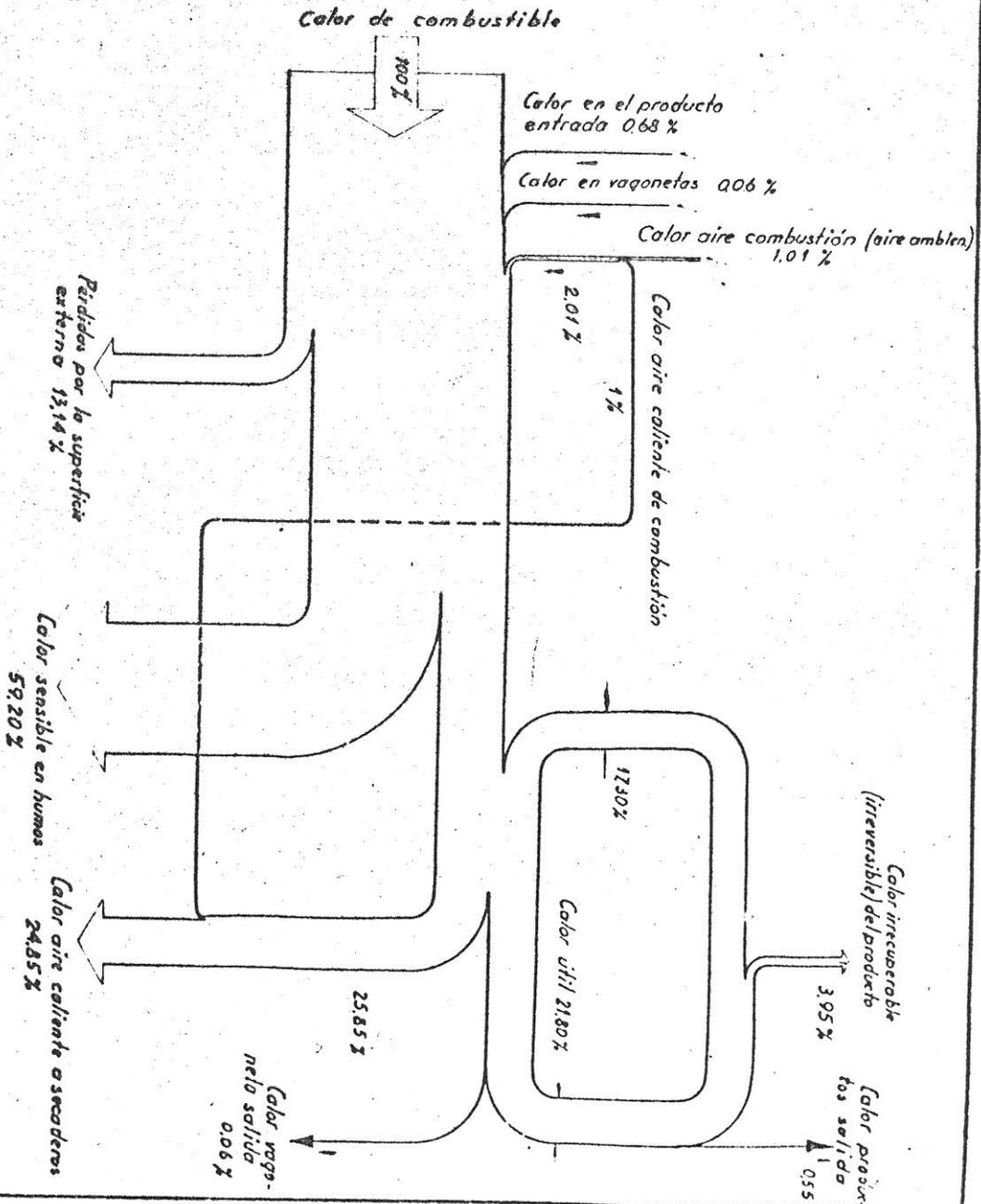
Es así que en el mismo pueden aparecer grandes cantidades de calor (p.ej. en forma de agua de refrigeración de condensadores) cuyo valor a primera vista podría considerarse interesante como de potencial utilidad, pero que, al enfocarse el análisis a la luz del segundo principio ese valor disminuye considerablemente por tratarse de cantidades de calor importantes, sí, pero a bajas temperaturas y en consecuencia no fácilmente aprovechables.



C.I.R.U.E.C.	Fecha	Trabajo	Plano gen.	Denominación del horno	Obra	Esquema	Detalle
	13-14 Septiembre 1962	Nº 1	Nº 317		Planta y elevación del horno	Nº 63	Nº 6

Observaciones

- 1) Se define como calor útil el necesario para calentar el producto hasta la temperatura de cocción.
- 2) Para confeccionar el diagrama, se tomó como definición de rendimiento la relación:
Calor útil
Calor en el combustible
 (y en este caso es de 21,60%)
- 3) Se observa una muy importante pérdida por calor sensible en los humos, que se atribuye en gran parte al exagerado exceso de aire (46,8%)
- 4) Se hace notar que el exceso de aire no aparece en la zona de combustión sino como filtraciones posteriores a la misma.
- 5) El error de cierre es de 4,03%, error que debe interpretarse como un exceso en la cantidad de calor que sale del horno con respecto a lo que entra en forma de combustible. Este valor de 4,03% se considera altamente satisfactorio. En el gráfico se lo ha prorrateado de modo que desaparezca. Por ello es que aparecen los magnitudes indicadas hasta la segunda cifra decimal.



C.I.P.U.E.C.

Fecha 13 Setiembre 1962 Trabajo Plomo gra. No 1 No 318 Denominación Diagrama SanKey Obra Perfil Espuma Plomo No 63 7