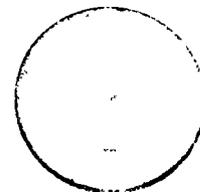




centro de educación continua
facultad de ingeniería, unam



INGENIERIA DE PROCESOS INDUSTRIALES

ING. JOSE LUIS SOSA

C E M E N T O .

Existen dos métodos para la fabricación del cemento tipo Portland; seco y húmedo. En ambos casos el proceso comienza con la explotación de los bancos de materias primas y su acarreo, para que seguidamente se empleen, de acuerdo con el proceso que se vaya a utilizar.

El cemento recibe el nombre de Portland, debido a que en el siglo pasado un albañil empezó a utilizar materiales para construcción que provenían de las playas de Portland Inglaterra, las cuales le daban las características necesarias para obtener propiedades especiales a sus materiales de construcción.

MATERIAS PRIMAS. - Las materias primas fundamentales para la fabricación del cemento son: la caliza ó marga y los materiales arcillosos como son: el barro ó pizarra. La temperatura que se tiene en los hornos de calcinación forma los compuestos que constituyen el cemento Portland, además se pueden emplear otras materias primas para producir cemento, especiales, para la construcción de grandes masas de concreto ó de obras hidráulicas y marítimas ó para proporcionar resistencia a los sulfatos. Estas materias primas son: material férrico, material silicoso, cuarzo, arena, ceniza, escorias con elevado contenido en sílice.

Otra materia importante y esencial para obtener un buen cemento es el yeso, sulfato de calcio, que sirve para controlar el tiempo de fraguado.

Estos materiales se encuentran por lo general cerca de las fábricas.

cas teniendó como medios de transporte góndolas de ferrocarril, camio - nes y en algunos casos directamente por bandas transportadoras, aunque algunos de ellos, como el yeso y el mineral férrico quedan en ocasiones lejos de las instalaciones teniéndose que transportar por ferrocarril.

Los consumos relativos de materias primas pueden variar gran- demente, ya que las cantidades de caliza y arcilla dependen de la compo - sición química (contenido de cal, silice, alúmina y óxido férrico), el yeso estará en función de su composición química y de la composición de las otras materias primas, así como también del tipo de cemento que se pretende ela borar.

Sin embargo, se pueden considerar los siguientes consumos gene- rales, aproximadamente de materias primas por cada tonelada de cemento:

Caliza	1200 Kgs.	Mineral de Fierro	30 Kgs.
Arcilla	370 Kgs.	Material Silicoso	30 Kgs. (cuarzo)
Yeso	60 Kgs.		

Estos dos últimos materiales se emplean cuando se requiere fabri car cementos especiales tales como: el modificado, bajo calor y el resisten te a sulfatos.

PROCESOS DE FABRICACION.- Las propiedades del cemento quedan deter minadas por las materias primas y el proceso de fabricación y dependen:

- 1) De la finura de las materias primas molidas.
- 2) Del exacto mantenimiento de una determinada relación de mezcla.
- 3) De la temperatura y de la duración de la calcinación.
- 4) De la forma de refrigerar el producto.

a) PROCESO SECO. - Este proceso es el que generalmente se sigue en la República Mexicana y consta de las siguientes etapas:

TRITURACION. - Las materias primas que llegan a la fábrica se trituran en varias etapas, en una serie de máquinas que están adaptadas al tamaño descendente de las partículas en proceso. La reducción de tamaño va desde las grandes piedras de cantera, de 1.0 a 1.5 m. de tamaño, hasta polvo impalpable.

La primera etapa de trituración se efectúa en quebradoras grandes del tipo de quijadas ó rotatoria. La trituración secundaria que reduce el tamaño de unos 13 mm., se efectúa generalmente en quebradoras de cono rotatorio ó de martillos.

SECADO. - Una vez triturados y antes de entrar a los molinos, los materiales se introducen a los secadores rotatorios por la parte superior. Estos secadores consisten de largos tubos de acero ligeramente inclinados de 2 a 3 m. de diámetro y unos 18 a 30 m. de largo, en cuya parte inferior entran gases calientes, que proceden de la combustión del horno ó de la flama de un quemador.

MOLIENDA. - Una vez quebrados y secos la caliza y el barro se dosifican adecuadamente con básculas automáticas, pasando esa mezcla a los molinos tubulares, que son grandes cilindros horizontales de 2 a 3 m. de diámetro y de 7 a 14 m. de largo, revestidos con placas de acero, además, tienen motores desde 200 a 1400 HP y están divididos en su interior en 2 ó 3 compartimientos por medio de diafragmas, usándose en algunos casos bolas de acero con peso aproximado de 4 a 6 Kg. las cuales ayudan a moler ó

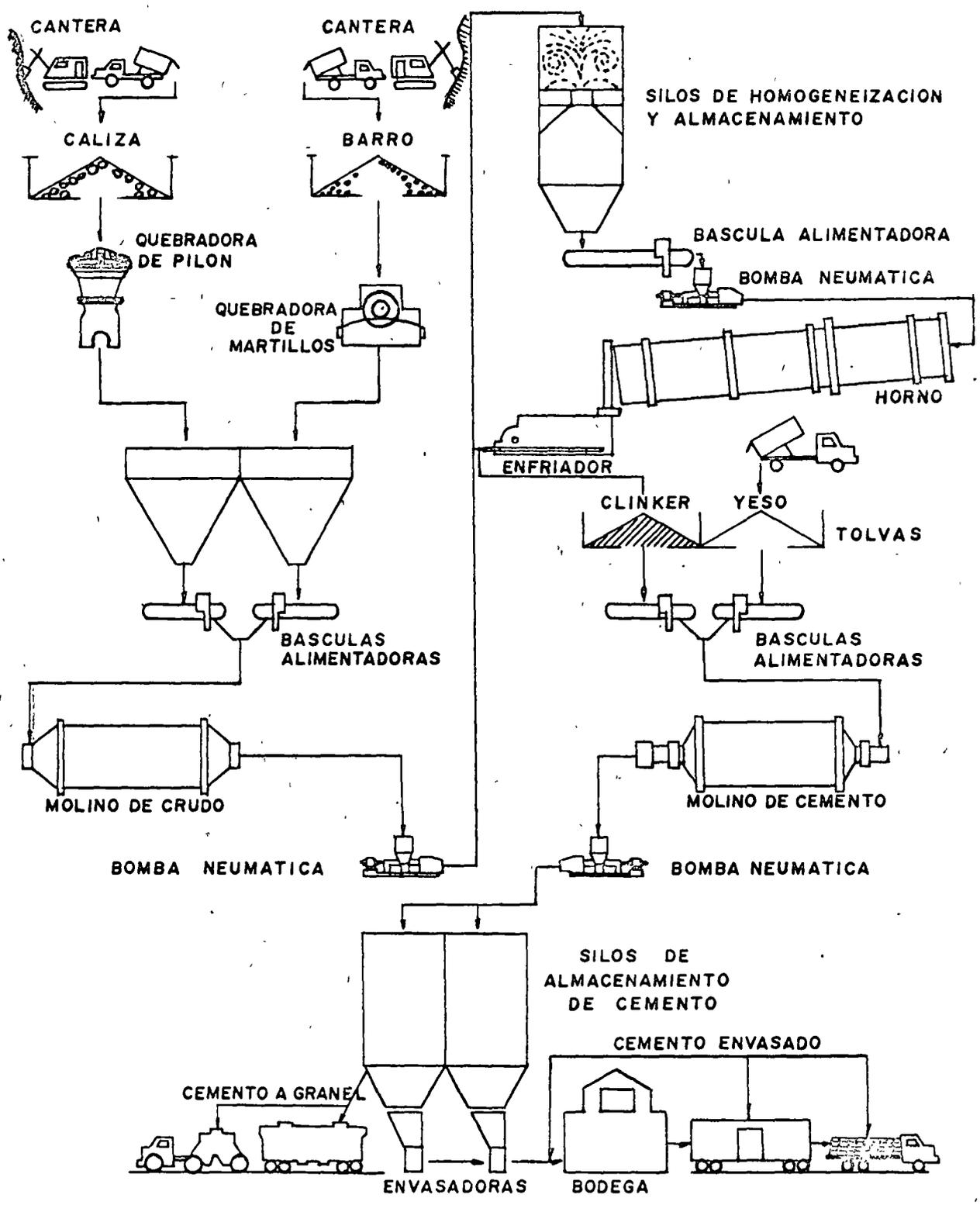


DIAGRAMA DEL PROCESO DE ELABORACION DE CEMENTO
(SISTEMA SECO)

pulverizar estos materiales.

Para aumentar la eficiencia de la molienda, suele recurrirse a la clasificación por tamaños de material que sale del molino, de tal modo que la parte fina pueda pasar a la siguiente etapa de proceso, y en cambio la que aún está demasiado gruesa regrese al molino.

Los clasificadores de tamaño se basan en general en los principios de la decantación (Ley de Stokes), según la cual, si se tienen partículas sólidas dentro de un fluido (ya sea de agua ó aire) las de mayor tamaño se sedimentan con mayor rapidez separándose en esta forma para regresarlas al molino.

En la industria del cemento los clasificadores de tamaño trabajan con aire y se llaman "separadores de aire".

Al material que sale de los molinos se le llama "mezcla cruda" ó "crudo" simplemente, de ahí el nombre de "molino de crudos".

Actualmente son de uso común los molinos secadores los cuales simultáneamente muelen y secan.

Con este equipo se eliminan los secadores de tubos rotatorios mencionados anteriormente.

CALCINACION. - Cuando el material crudo sale de los molinos se envía a los silos de crudo en donde se homogeneiza y se mezclan entre sí, para obtener una composición siempre uniforme; de esta manera la mezcla que entra a los hornos siempre será de la misma calidad.

De los silos de crudo el material entra a los hornos de calcinación. El horno es la parte fundamental de la fábrica, pues en él se reali-

zan las reacciones químicas que forman los compuestos constituyentes del cemento.

La Industria Mexicana del cemento emplea exclusivamente hornos rotatorios, constituídos por grandes cilindros de acero, forrados en su interior con material refractario (de unos 15 cm de espesor) para resistir las elevadas temperaturas (hasta de 1500°C) que se requieren en la producción del cemento. Los hornos existentes en el país, miden desde 1.80 hasta 6.0 m. de diámetro y desde 50 hasta 160 m. de longitud, con capacidad diaria desde 100 hasta 2.000 toneladas de material calcinado ó clinker. Algunos de estos hornos, cuentan además con cambiadores de calor que aprovechan los gases calientes del propio horno para precalentar el material crudo que entra a ellos.

Los hornos presentan una inclinación en relación con la horizontal de aproximadamente 4%; los materiales crudos se alimentan por la parte superior y conforme van descendiendo se encuentran con temperaturas más elevadas, hasta llegar al extremo inferior donde se tiene el quemador que, en nuestro país, generalmente trabaja con gas natural.

El largo cilindro que constituye la estructura del horno, está provisto de llantas metálicas que se apoyan sobre rodillos, y cuentan además, con una corona conectada al piñón del motor que lo hace girar.

En el horno de cemento no se funden completamente los materiales sino que sólo se llega a una semi-fusión ó estado pastoso durante el cual se forman aglomerados cuya forma se aproxima a la esférica, de color pardo negrusco. Estos aglomerados que incluyen los cuatro compuestos principales que forman el cemento, se designan con el nombre de "clinker".

La calcinación de las materias primas en el horno debe de ser perfecta para que prácticamente toda la cal libre (óxido de calcio), producida por la descomposición de la caliza alcance a combinarse con los oxidos de fierro, aluminio y silicio de la arcilla. Si esta operación no fuese tan perfecta quedaría un residuo de cal libre, mayor del 2% que motivaría una expansión detrimetal en la pasta del cemento ó concreto. Los hornos bien controlados producen clinker con un contenido de cal libre que no excede de 1.5%.

ENFRIAMIENTO. - Antiguamente casi todos los enfriadores de clinker estaban constituídos por cilindros de acero inclinados, de 2 m. de diámetro y 20 m. de longitud aproximadamente en cuyo extremo superior se introducía el clinker caliente que va descendiendo, enfriándose al contacto con el aire que entra por la parte inferior. Este aire caliente que sale de los enfriadores, se aprovecha para la combustión en los hornos, recuperándose parcialmente el calor del clinker.

En seguida se almacena el clinker producido en el patio de almacenamiento de materiales para posteriormente ser molido.

MOLIENDA DEL CEMENTO. - Del patio de materiales el clinker pasa a los molinos de cemento ó molinos de acabado junto con una cantidad de yeso, previamente dosificado (5% aproximadamente), en donde se muele a finura normal de 5.000 cm/g blaine, en cemento tipo III (resistencia rápida).

Para lograr las finuras indicadas la molienda conjunta de clinker y yeso se realiza en general en molinos tubulares, similares a los descritos

en la molienda de crudos.

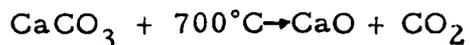
Para lograr mayor eficiencia en la molienda conviene clasificar mediante separadores de aire a los materiales; los de mayor tamaño se sedimentan con mayor rapidez y regresan del molino para ser remolidos, los granos finos que no se sedimentan son transportados a los silos de almacenamiento.

No obstante que el proceso termina cuando el cemento sale de los molinos de acabado, quedando aún ciertas maniobras por realizar, como son la conducción del cemento de los silos de almacenamiento, lo cual se realiza a través de bombas de aire tipo Fuller que trabajan a alta velocidad ó por medio de bandas de hule, y finalmente su envasado en bol sas de papel, o su carga directa a los carros ó camiones tolva cuando se entrega a granel.

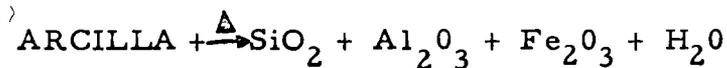
b) PROCESO HUMEDO. - Este proceso es empleado muy poco en la República Mexicana, hasta ahora sólo tres plantas lo emplean.

En este proceso la arcilla no se tritura sino que se descarga en un molino de rastrillos que la desmenuza y la mezcla con agua para producir una lechada bastante fluída (65% de agua) que se bombea hasta descargarla en un tanque provisto de agitadores. Esta lechada que se dosifica junto con la caliza previamente triturada, se alimenta a los molinos de crudo donde se añade agua para facilitar la molienda, manejo, control y mezclado de los materiales, en cambio representa un mayor consumo de combustible para evaporar el agua en el horno.

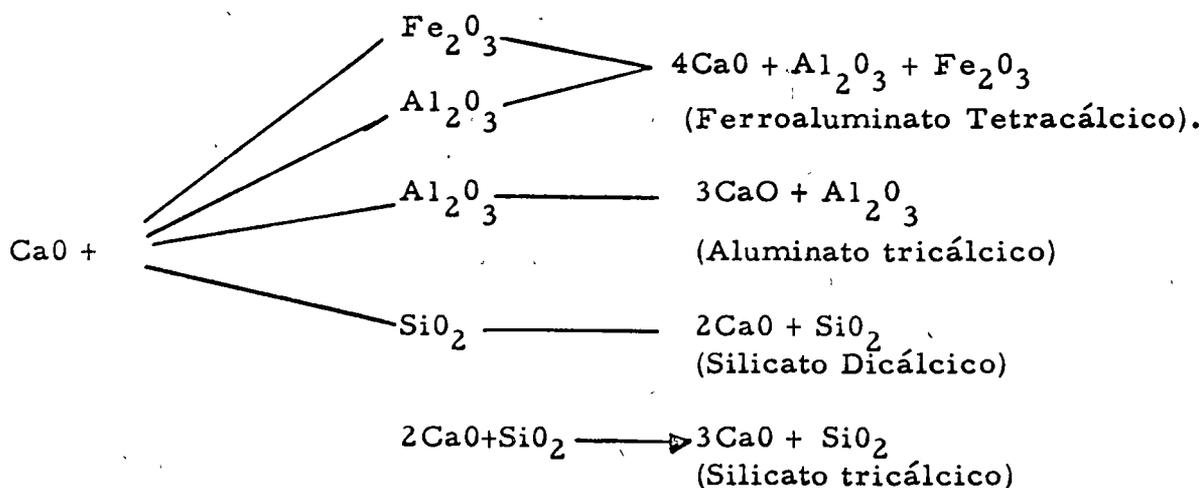
En el primer tramo del horno, es decir, el más cercano a la entrada del material crudo, este se calienta a unos 700°C aproximadamente (zona de calentamiento); enseguida, se descompone la caliza a una temperatura de unos 900°C, desprendiéndose gas carbónico que es arrastrado hacia la chimenea, de donde sale junto con los gases de combustión quedando óxido de calcio (cal) libre.



En la siguiente zona del horno se efectúa la descomposición de la arcilla en sus óxidos principales: sílice, alumina y óxido férrico desprendiéndose también su agua de hidratación.



comenzando la combinación de la cal (CaO) proveniente de la caliza con los óxidos de hierro (Fe_2O_3) y aluminio (Al_2O_3) para formar primero, el ferroaluminato tetracálcico y enseguida el aluminio tricálcico esto se efectúa a 1250°C aproximadamente. Posteriormente se efectúa la combinación de la cal (CaO) con la sílice (SiO_2) formándose el silicato dicálcico, el cual en presencia de más cal, forma el silicatotricálcico.



Entre los 1250°C se efectúa la semifusión. En este punto se funde aproximadamente de 20 a 30% de la masa.

Como se señaló anteriormente, en el horno no se alcanza una fusión completa, sino sólo una semi-fusión (estado pastoso), durante el cual se forman aglomerados de cristales y vidrios cálcicos de forma aproximadamente esférica y con un diámetro que varía de 0.5 hasta unos 4.0 cm. que se conocen con el nombre de clinker, Este clinker se muele fácilmente con una cierta cantidad de yeso (5% aproximadamente) para producir el cemento.

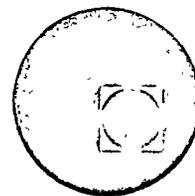
Tipos de cemento que se fabrican en la República Mexicana:

- Común o normal.
- Modificado
- Resistencia Rápida.
- De Bajar Calor de Hidratación.
- De alta Resistencia a los Sulfatos.
- Blanco.





centro de educación continua
facultad de ingeniería, unam



INGENIERIA DE PROCESOS INDUSTRIALES

INTRODUCCION A LOS PROCESOS INDUSTRIALES

ING. ANDRÉS LOPEZ LEON

INTRODUCCION A LOS PROCESOS INDUSTRIALES.

En general existen dos planteamientos diferentes para el estudio de los procesos industriales. Cada industria en particular tales como la cementera, azucarera, de celulosa y papel, etc., incluyen sus operaciones características pueden ser estudiadas como una unidad o bien las diferentes operaciones comunes en muchos procesos industriales pueden ser clasificadas lográndose esto, sin considerar la industria en que se emplee; y cada una de estas operaciones se deberá estudiar como una operación unitaria.

De este modo la transferencia de calor es tan solo una operación unitaria, Una operación unitaria muy comunmente empleada en la industria, y el conocimiento de los principios de la transferencia de calor, es igualmente empleado por un ingeniero en cualquier industria que lo requiera.

Como los procesos industriales han llegado a ser más variados - técnicamente, los campos abiertos al Ingeniero se han reducido y ha llegado a ser considerablemente difícil, sino que imposible, cubrir las diversas industrias de una manera adecuada sin limitarse a algunos campos que se relacionan entre sí.

Estudiando las operaciones unitarias por sí mismas y sus funciones el Ingeniero es entrenado para reconocer esas funciones en nuevos procesos industriales; y aplicando sus conocimientos y habilidades en las operaciones unitarias correspondientes puede diseñar, construir y operar una planta para un nuevo proceso con casi la misma confianza que para un proceso ya experimentado.

Por lo anterior el estudio de las operaciones unitarias, ha probado ser el método mas eficiente para el estudio de los Procesos - Industriales.

Cada proceso, en la escala que sea tratado puede ser resuelto en series coordinadas que podría emplearse el término de - - "Operaciones Unitarias", tales como Pulverización, secado, - Cristalización, Destilación, Evaporación, Electrólisis, etc.

El número de operaciones unitarias básicas no es muy grande y relativamente unas cuantas de ellas están involucradas en cualesquier proceso en particular.

La complejidad de los resultados va desde la variedad de condiciones tales como temperatura, presión, etc. sobre las cuales las operaciones unitarias pueden ser llevadas a cabo en diferentes procesos y desde las limitaciones de materiales en el diseño y construcción de equipos, que son impuestos por el carácter físico y químico de las sustancias que intervienen en los procesos.

El estudio de las operaciones unitarias es tan valioso tanto para el ingeniero de operación, producción y de diseño dado que todas las operaciones, industriales ó plantas, están compuestas por - una serie de operaciones unitarias en la secuencia apropiada.

El ingeniero de operación y producción analiza sus operaciones - complejas en unidades para el mejor aprovechamiento, mientras - que el ingeniero de diseño proyecta las diferentes operaciones complejas hacia un número de operaciones unitarias.

Las operaciones unitarias pueden ser clasificadas ó agrupadas de acuerdo a su función y a la fase ó fases tratadas.

Una fase es homogénea y mecánicamente diferente de una masa separable.

Así como la arena y el agua son dos masas mecánicamente distintas, y cada una representa una fase separada, dado que la arena separa

da ó suspendida en el agua no acusa ninguna diferencia.

Una fase de aceite flotando sobre el agua ó emulsificada, es una masa mecánicamente distinta del agua, y es por tanto una fase separada de la fase del agua.

Simplemente una mena de cobre contiene calcopirita como una fase sólida separada de la roca que le rodea, no importando cuan finamente pueda ser disperso el mineral.

Las fases presentan en cualesquier ocasión ser una ó más fases sólidas, y una ó más fases líquidas:

La arena y el agua representan una fase sólida y una líquida, el aceite y el agua son dos fases líquidas y el mineral y la roca (por lo menos) son dos fases sólidas.

La mezcla de sal sólida, hielo, agua y vapor de agua contiene dos fases solidas y dos líquidas.

Los gases son líquidos, por lo tanto existirá una fase gaseosa.

El ordenamiento de las operaciones unitarias empieza con las - operaciones unitarias relacionadas sólo con sólidos, tales como separación mecánica de tamaño, reducción de tamaño y transporta_{ción} de sólidos.

Estas son seguidas por operaciones que involucran fluidos.

Las operaciones que involucran la transferencia de materiales de una fase a otra, son tratadas conjuntamente por el método - del equilibrio de las fases.

Esto incluye separación (sólido-líquido), extracción (líquido-líquido), absorción de gas y destilación (vapor-líquido), adsor_{ción} (líquido-sólido).

Continuando la transferencia de calor y evaporación. La transferencia de calor, trata con el tipo de energía a transferir y sirve directamente al concepto de tipo de transferencia de masas, tal y como se aplica en la cristalización, secado, absorción, destilación y las operaciones más aplicadas involucrando la catálisis y tipos de reacción.

En el estudio de las operaciones unitarias, es muy común recordar que estas serán tratadas como una unidad de una planta compleja operando: un cambiador de calor en un ingenio azucarero, un molino en una planta de cemento, una columna de destilación en una refinería de petróleo, un sistema de evaporadores en una planta recuperadora de reactivos, etc. siendo un requerimiento que en cada caso que el trabajo de cada unidad sea el correcto y adecuado para el funcionamiento total de una planta.

Las operaciones unitarias son el método más viable para la clasificación y formulación, considerando su combinación con la experiencia de los ingenieros como una guía en la operación y diseño de plantas industriales.

Los cuatro siguientes conceptos son básicos para fundamentar el cálculo de todas las operaciones:

a) BALANCE DE MATERIALES.

Si la materia no puede ser creada ni tampoco destruida, el total de la masa de los materiales involucrados en una operación, deberá ser el mismo a la salida de la operación, excepto la cantidad de material que haya sido retenido ó acumulado en la operación.

En operaciones continuas, el material usualmente no es acumulado en la operación y todo el balance de materiales consiste simplemente en ir cargando el material y conocer el material ó producto terminado para ir conociendo las pérdidas normales de la operación

ú operaciones; valga en esté caso la expresión de que todo lo que entra debe salir.

b) BALANCE DE ENERGIA

Similarmente, un Balance de energía puede realizarse alrededor de cualesquier planta ú operación unitaria para determinar la energía requerida en la operación ó bien para mantenerla.

El principio es justamente tan importante como el Balance de materiales, y el metodo empleado es el mismo.

Un Balance de energía no puede ser considerado tan solo por el calor y energía eléctrica solamente, puesto que toda energía es convertible y todas sus manifestaciones deberán incluirse en el.

c) CONTACTO IDEAL.

Cada vez que los materiales empiezen a ser procesados son especificadas las condiciones de tiempo, temperatura presión, composición química, potencial electrico etc. tendiendo siempre al aprovechamiento y definición de las condiciones de equilibrio.

El cálculo del número del contacto ideal es un importante escalón, requiriéndo un entendimiento de las operaciones unitarias involucradas en la transformación de los materiales de una fase a otra, tales como separación, extracción, absorción y destilación.

d) RANGOS DE OPERACION.

En l mayor parte de las operaciones el equilibrio no es alcanzado, por que no tuvo el tiempo requerido ó por causas no previstas. En cambio cuando es logrado rápidamente el equilibrio, no causa adiciones y paros en el proceso.

Por estas razones los rangos de operación, así como los rangos de transferencia de energía, transferencia de masa, de materiales son de gran importancia e interés.

El rango normalmente puede ser expresado como la proporción de un potencial dividido por una resistencia.

Para los ingenieros las operaciones unitarias consistirán en - aplicar el conocimiento y entendimiento de estas operaciones, en el diseño de equipos construcción, y operación de los mismos , con el mejor aprovechamiento en lo que se refiere a costo y funcionalidad en los procesos.





INSTITUTO MEXICANO DEL PETROLEO

LA REFINERIA DE

TULA

**Ing. Carlos Doormann M.
Instituto Mexicano del Petróleo -**



LOCALIZACION DE LA NUEVA REFINERIA.

El estado actual de desarrollo de México refleja un alza continua en el consumo de destilados del petróleo por lo cual, basándose en las indicaciones de los Pronósticos de Consumo, se hace necesario construir una nueva Refinería a la brevedad posible.

Dado que el área de la Ciudad de México representa el consumo más considerable de productos y que, al mismo tiempo, su tendencia de crecimiento es muy fuerte, es fundamental contar con un centro de producción cercano para poderla abastecer adecuadamente.

Sin embargo, está descartada la posibilidad de ampliar las instalaciones de la Refinería de Atzacapotzalco pues representa agravar considerablemente problemas de varios tipos. Por una parte se tiene ya dificultad en el suministro de agua que es vital para la operación de la Refinería. Por otro lado, la Refinería está rodeada actualmente por una zona residencial que hace imposible instalar nuevas unidades tomando en cuenta consideraciones de seguridad y, no menos importante, es el efecto contaminante que produciría una ampliación.

De este modo se ve que fué necesario estudiar otras alternativas que pueden, en términos generales, agruparse dentro de tres tipos:

##..



- a) Cerca de los campos productores.
- b) Entre los campos productores y los centros de consumo.
- c) Fuera del Distrito Federal pero en su cercanía.

Para poder evaluar las alternativas planteadas, se estudiaron distintas localidades considerando factores como:

Factor de Población: disponibilidad habitacional y servicios municipales.

Clima: procurando que sea lo más cómodo posible.

Comunicaciones: según la cercanía y calidad de carreteras y vías férreas, facilidades de correos, telégrafos y teléfonos.

Topografía: irregularidad en la forma del terreno, rocas, desniveles, etc.

Suelo: según su resistencia.

Líneas de conducción: para poder recibir la materia prima.

Cercanía al D. F.

Abastecimiento de Servicios Auxiliares: sobre todo de agua y corriente eléctrica y la facilidad para poder disponer de efluentes de desecho.

Una vez que cada localidad fué calificada se compararon entre sí, para poder concluir cuál era la más conveniente.

Se estableció la localización para la nueva Refinería en Tula de Allende, Hgo., con el plan de instalar ahí una serie de unidades debidamente seleccionadas para obtener



los productos deseados.

Unidades de Proceso.

Las unidades descritas en forma somera, son las siguientes:

Destilación Atmosférica. Se alimenta con petróleo crudo que es calentado contra corrientes del mismo proceso y un calentador de fuego directo antes de pasar a destilación y agotamiento, donde se obtiene nafta ligera, nafta pesada, querosina, gasóleo ligero, gasóleo pesado y un residuo primario que va a la Unidad de Destilación al Vacío donde se producen mediante destilación al vacío gasóleos ligero y pesado de vacío y un residuo.

Los gasóleos se envían a la Unidad de Desintegración Catalítica y el residuo pasa a la Unidad Rompedora de Viscosidad, en donde se obtiene combustóleo, además de un poco de gasolina y gases.

Continuando con la Unidad de Destilación Atmosférica, la nafta ligera ahí producida se manda a la Unidad Hidrodesulfuradora de Nafta a fin de eliminarle ahí los compuestos nocivos de azufre. El proceso se efectúa a presión y temperatura relativamente altos en un reactor de lecho fijo que transforma los compuestos de azufre en ácido sulfhídrico que más tarde se elimina a su vez de las corrientes así contaminadas. La nafta desulfurada se somete a un proceso de destilación para obtener como corrientes de salida: carga a la Reformadora, una fracción compuesta de isohexano e hidrocarburos más ligeros que se envía a la Unidad Fraccionadora en su sección de Pesados y una corriente gaseosa.



La Unidad Reformadora eleva el número de octano de la gasolina mediante un proceso catalítico en un reactor de lecho fijo y posteriormente se fracciona el producto para eliminarle hidrocarburos ligeros que se envían a la Unidad Fraccionadora.

La nafta pesada, querosina y gasóleos de Destilación Atmosférica se pueden desulfurar mediante el empleo de dos Hidrodesulfuradoras de Destilados Intermedios (HDSDI), que son idénticas para dar mayor flexibilidad a la operación y que operan esencialmente igual que la Hidrodesulfuradora de Nafta (HDSN), variando sólo sus condiciones de operación y la sección de fraccionamiento.

Como productos de estas Unidades salen Turbosina, Diesel, etc., desulfurados y, además, gasolina amarga que se desulfuriza en la HDSN y gases amargos que se tratan, con los demás, en la Unidad Tratadora empleando DEA (dietanolamina). En este proceso se efectúa una absorción continua del ácido sulfhídrico en la DEA, y al mismo tiempo, una regeneración continua de ella liberándola del gas ácido en un reactivador para así enviar el gas ácido a una Planta de Azufre.

El gas endulzado se emplea como gas combustible mientras que los líquidos amargos de la HDSN, una vez endulzados, pasan a la Sección de Ligeros de la Unidad Fraccionadora para obtener, mediante destilación, propano, n-butano, isobutano y gas seco.

Las corrientes de la desisohexanizadora de la HDSN pasan a la Sección de Pesados de la Unidad Fraccionadora y se separan en isopentano, pentano, gasolvente, gasnafta y gasolinas.



La Desintegradora Catalítica emplea un proceso sumamente moderno, en el cual se efectúa la reacción en un levantador que constituye el reactor y de ahí pasa a un recipiente especial dentro del cual se efectúa primeramente un agotamiento para despojar al catalizador sólido de los hidrocarburos que pueda retener y seguidamente se regenera el catalizador en dos pasos.

Los productos de la reacción, fundamentalmente gasolina de alto octano y gas licuado (propano, butano) pasan a una torre fraccionadora, donde se separan. De allí se pasan a una Unidad de Recuperación de Vapores que emplea dos absorbedores en serie y luego separa el propano y el butano por destilación.

Las corrientes son amargas por lo cual se efectúa su endulzamiento dentro de la misma planta usando, en el caso de la gasolina, un tratamiento Merox mientras que para el gas licuado se efectúa un tratamiento previo con DEA antes de pasar a Merox y para el gas se usa DEA a fin de obtener gas combustible dulce.

Otra característica importante de la planta es la recuperación de la energía que llevan los gases del regenerador mediante la producción de vapor en una caldera de monóxido de carbono.

Se pueden dividir los trabajos relacionados con la Refinería de Tula en varios capítulos: Ingeniería Básica, Ingeniería de Detalle, Adquisiciones y Construcción.

El desarrollo actual de Ingeniería Básica en nuestro país se ha fomentado y dirigido de modo que ha permitido para esta nueva Refinería emplear procesos desarrollados en



el Instituto Mexicano del Petróleo (IMP): Hidrodesulfuradoras de Nafta y de Destilados Intermedios. Además, el IMP ha hecho la Ingeniería Básica para plantas cuya tecnología se encuentra disponible: Destilación Atmosférica, Destilación al Vacío, Tratadora y Fraccionadora. Sin embargo, todavía es necesario emplear tecnología extranjera en algunos casos como son la Reductora de Viscosidad y la Desintegradora Catalítica que proviene de la firma M.W. Kellogg, dentro de esta Desintegradora, la tecnología de los Tratamientos Merox es de la Universal Oil Products, misma que proporciona la Ingeniería Básica para la Reformadora.

En lo que respecta a Ingeniería de Detalle, toda ella se está efectuando en nuestro país: Bufete Industrial está a cargo de la Desintegradora Catalítica y el IMP del resto de las Unidades de Proceso.

Igualmente, la fase de adquisiciones se realiza por las mismas entidades antes mencionadas y permite, al agregarse con la parte de Ingeniería Básica y de Detalle, un ahorro en fuga de divisas del orden de 140 millones de pesos y una reducción en el costo de aproximadamente 60 millones de pesos.

La fase de Construcción es por cuenta del mismo Petróleos Mexicanos, quien subcontrata trabajos a compañías nacionales especializadas en este ramo.



DESARROLLO DE LA INGENIERIA.

El producto de la Ingeniería es una serie de documentos que en el IMP se elaboran dentro de grupos especializados y que se encuentran organizados de la siguiente manera: La Subdirección de Ingeniería de Proyectos cuenta con las Divisiones de Proceso, Proyecto, Ingeniería y Compras y los Departamentos de Programación y Costos, Contabilidad y Servicios de Ingeniería.

Dentro de la División de Proyectos se tienen los Departamentos de Coordinación y Control, Sistemas, Operación y Servicios Técnicos. Al primero pertenecen cada Jefe de Proyecto que es nombrado para coordinar y controlar cada Proyecto que maneja el IMP. De modo que el primer paso para arrancar el Proyecto es que establezca las Bases de Diseño de acuerdo con Petróleos Mexicanos para elaborar el Programa General del Proyecto y los Estimados de Costo de Equipo, Ingeniería y Construcción.

Entra también en actividad la División de Proceso mediante sus Departamentos de Ingeniería Básica, de Diseño de Procesos y de Transferencia de Calor-Termodinámico, formulando los Diagramas de Flujo de Proceso, Diagramas de Balance de Servicios Auxiliares y las Hojas de Datos de Equipo.

Con la información citada se procede a preparar las requisiciones para calentadores y hornos en el Departamento de Transferencia de Calor-Mecánico. Al mismo tiempo, se efectúa el diseño mecánico de torres, tanques, etc., por el Departamento de Recipientes para preparar las respectivas requisiciones y el Departamento de Sistemas elaboran los Diagramas de Tubería e Instrumentación, el Plano de Localización General y las Hojas de Datos de Bombas e Instrumentos.



El Departamento de Ingeniería Civil calcula las cimentaciones de todos los equipos empleando los dibujos generados en el IMP ó suministrados por los fabricantes y, una vez que el Departamento de Arquitectura produce sus planos de edificios, procede a calcular las estructuras y cimentaciones de los mismos. Se encarga, asimismo, del cálculo de los soportes de tubería y de diseñar los pavimentos.

Aquí entra el Departamento de Diseño de Tubería para elaborar las maquetas constructivas en combinación con el Taller de Maquetas y de ahí, preparar los isométricos para fabricación por medio de computadora.

Desde luego, el diseño de tubería se revisa por el Departamento de Análisis de Esfuerzos, a fin de garantizarse que las líneas no trabajen en condiciones inadecuadas de esfuerzo al llegar a las condiciones de diseño para la operación de la planta.

El mismo Departamento de Tuberías se encarga de efectuar las requisiciones que la División de Compras tramita para obtener cotizaciones.

Por su parte el Departamento de Evaluación Mecánica formula las requisiciones para bombas y compresores que la División de Compras envía como solicitudes de cotización.

El Departamento de Instrumentos llena las hojas de especificaciones de instrumentos y prepara las respectivas requisiciones.

El Departamento de Operación elabora aquí la Filosofía Básica de Operación que se aplicará básicamente en los Diagramas de Tubería e Instrumentación.



El Departamento de Ingeniería Eléctrica prepara el Diagrama Unifilar para proceder más adelante a enviar la requisición de la Subestación que, como todas las antes citadas, se maneja a través de la División de Compras para enviar las solicitudes de cotización, recibir y distribuir cotizaciones, enviar órdenes de compra después de que se recaba la autorización de Petróleos Mexicanos a los cuadros de comparación técnico-económicos de cotizaciones, y recibir y distribuir dibujos de proveedores.

Además, la División de Compras, en combinación con el Departamento de Coordinación de Fabricación de Equipo, expedita a los proveedores para poder cumplir con las fechas de embarque programadas y examina los documentos de facturación con el Departamento de Contabilidad, para enviarlos a Petróleos Mexicanos y que éste efectúe los pagos correspondientes.

Finalmente, se integran los Libros de Proyecto en un Libro de Proceso que contiene información básica de Proceso, un Manual de Operación que prepara el Departamento de Operación y los Libros de Fabricantes en donde se coloca toda la información que aquellos envían.



CONCLUSION.

Lo antes expuesto es de gran satisfacción para los que de una manera u otra participamos en el desarrollo de este Proyecto y nos alienta a redoblar nuestro esfuerzo y mantener la confianza de que ya actualmente goza el técnico mexicano para planear, organizar y administrar proyectos industriales de gran envergadura.

Igualmente, me permito hacer una excitativa para fomentar el interés por la Ingeniería de Proyectos que ha alcanzado ya el carácter de especialización en nuestro país y permite el mejor empleo de los recursos técnicos, humanos y financieros que tan escasos son.

INGENIERIA DE PROCESOS INDUSTRIALES

"SELECCION DE MAQUINARIA"

CENTRO DE EDUCACION CONTINUA

Noviembre de 1973

Ing. Ralf Peters G.

1.- CONSIDERACIONES GENERALES.

UNO DE LOS PROBLEMAS EN QUE MAS DEBE INTERVENIR EL INGENIERO, ES EL RELACIONADO CON LA SELECCION DE MAQUINARIA. EL MUNDO ACTUAL SE DESENVUELVE ALREDEDOR DE LAS MAQUINAS; ELLAS SON LAS QUE EN PRINCIPIO REPRESENTAN EL FACTOR PREDOMINANTE EN LA PRODUCCION DE ELEMENTOS, CONDICION TIPICA DE UNA SOCIEDAD DE CONSUMO, COMO LA QUE EN NUESTROS DIAS ESTAMOS VIVIENDO. SI CONSIDERAMOS LA CADENA MATERIA PRIMERA - CONSUMIDOR COMO LA REPRESENTADA EN LA FIGURA NO. 1; PODREMOS APRECIAR QUE EL ELEMENTO PRODUCCION SE SITUA AL PRINCIPIO DE LA CADENA Y EN CONSECUENCIA TIENE UNA IMPORTANCIA CAPITAL EN LOS ESLABONES SIGUIENTES, YA QUE DE SU MAGNITUD, DEPENDERA SU APROPIADA DISTRIBUCION; DE SU CALIDAD Y APARIENCIA, SU VENTA; Y DE SU PERFECCION, LA LIMITACION DEL MANTENIMIENTO Y EN CONSECUENCIA LA SATISFACCION DEL CLIENTE.

CONOCIDO EL HECHO DE QUE LA PRODUCCION SE BASA ESENCIALMENTE EN LA DISPONIBILIDAD DE LA MAQUINARIA MAS ADECUADA Y DE LA MANO DE OBRA MAS PREPARADA, SE COMPRENDE EL ENORME SIGNIFICADO QUE TIENE LA SELECCION APROPIADA DE LAS MAQUINAS; PUDIENDO AFIRMARSE, QUE LOS EFECTOS DE LA SELECCION SE DEJAN SENTIR EN VARIADOS ASPECTOS.

REFIRIENDONOS A LA GRAFICA NO. 2 PODREMOS PRECISAR EN FORMA GENERAL ESTOS ASPECTOS COMO LOS SIGUIENTES:

1.- EFFECTO EN EL PROCESO : SERA DETERMINANTE EN CUANTO A LA CALIDAD DEL PRODUCTO ; LA CUAL ES DEFINITIVAMENTE PROPORCIONAL A LA PRECISION Y CARACTERISTICAS DE LA MAQUINA.

IMPORTANTE EN CUANTO AL PORCENTAJE DE PRODUCCION APROVECHABLE; YA QUE DE SU FACILIDAD DE AJUSTE Y DE SU CAPACIDAD DE MANTENERLO, DEPENDERA LA CANTIDAD DEL PRODUCTO IMPERFECTO DE SEGUNDA O DESECHADO.

FUNDAMENTAL EN CUANTO A LA VELOCIDAD DE PRODUCCION Y SU PERMANENCIA; YA QUE UNA MAQUINA APROPIADAMENTE APLICADA, PERMITIRA UNA PRODUCCION CONTINUA Y EFICIENTE.

2o. EFFECTO EN EL MANTENIMIENTO: SERA IMPORTANTE EN CUANTO A TIEMPO; YA QUE LA MAQUINA CON DISEÑO APROPIADO PERMITIRA UTILIZAR TIEMPOS CORTOS PARA SU AJUSTE O REPARACION, CON LAS VENTAJAS QUE ELLO REPRESENTA. CONVENIENTE EN CUANTO A PIEZAS DE REPUESTO; LAS CUALES PODRAN SER NO MUY NUMEROSAS, SI LA MAQUINA DISPONE DE UNA CONSTRUCCION ROBUSTA Y APROPIADA QUE DETERMINE UN NIVEL DE FALLAS BAJO.

3o. EFFECTO EN EL PERSONAL: SERA IMPORTANTE EN CUANTO A LA SEGURIDAD DEL MISMO; YA QUE EL DISEÑO DE LA MAQUINA PERMITIRA UNA MAYOR O MENOR FACILIDAD DE OPERACION Y EN CONSECUENCIA UNA MAYOR O MENOR SEGURIDAD DEL OPERADOR.

DEFINITIVO EN CUANTO A LA PRODUCTIVIDAD DEL PERSONAL; YA QUE UNA MAQUINA QUE PROPORCIONE ELEMENTOS OPERACIONALES CONVENIENTES, DETERMINARA UN MAYOR INTERES Y DEDICACION POR PARTE DEL PERSONAL DE OPERACION.

BASICO EN CUANTO A LA EFICIENCIA; YA QUE UNA MAQUINA CON LAS CARACTERISTICAS APROPIADAS, PERMITIRA AL OPERADOR UNA MAYOR FACILIDAD DE CONTROL Y AJUSTE Y EN CONSECUENCIA MEJORARA SU EFICIENCIA Y SU SEGURIDAD, EN RELACION CON LA POSIBILIDAD DE OBTENER UNA PRODUCCION HOMOGENEA

Y DE ALTO GRADO DE PERFECCION.

ESTOS EFECTOS QUE SE HAN BOSQUEJADO, CUYA INFLUENCIA PODRIA TRATARSE EN FORMA MAS AMPLIA Y QUE POR HABER SIDO TRATADOS ASI, HAN DETERMINADO GRAN CANTIDAD DE PUBLICACIONES AL RESPECTO; CONDUCE DEFINITIVAMENTE A UN SOLO PUNTO, A LA ECONOMIA, ES DECIR, AL PROBLEMA FUNDAMENTAL DEL INGENIERO QUE PUEDE RESUMIRSE EN LA PREMISA DE OBTENER LA MAYOR CANTIDAD DEL PRODUCTO, CON LA MEJOR CALIDAD Y AL MAS BAJO COSTO.

EL CONOCIDO AFORISMO DE QUE "NO HAY INGENIERIA SI NO HAY ECONOMIA" ES LA PIEDRA ANGULAR DEL INGENIERO, Y DE NADA SERVIRAN ULTERIORES ESTUDIOS O CONSIDERACIONES, SI NO SE PARTE DE UNA SELECCION APROPIADA DEL EQUIPO Y DE LA MAQUINARIA, QUE SON LOS ELEMENTOS ESENCIALES DE NUESTRA PROFESION.

ES PUES, POR TODO LO ANTERIOR, POR LO QUE DENTRO DE LA INGENIERIA COBRA TANTA IMPORTANCIA LA SELECCION DE MAQUINARIA, Y POR LO QUE CUALQUIER ATENCION QUE SE LE PRESTE A ESTE RENGLON, ESTARA SIEMPRE JUSTIFICADA Y AMERITARA LA UTILIZACION DE TODOS LOS CONOCIMIENTOS QUE EL INGENIERO, SUJETO A RESOLVER EL PROBLEMA APLIQUE.

2.- ELEMENTOS BASICOS DE SELECCION: PARA SEGUIR UNA SECUENCIA APROPIADA EN EL DESARROLLO DE ESTE PUNTO, NOS APOYAREMOS EN LA GRAFICA NO. 3, EL PRIMER ELEMENTO BASICO EN CUANTO A LA ADQUISICION DE UNA MAQUINA, ES EL CONOCIMIENTO DE SU NECESIDAD, RELACIONADO CON LAS ALTERNATIVAS SIGUIENTES:

A.- LA MAQUINA SE REQUIERE PARA SUBSTITUIR OTRA, DE LA QUE SE DISPONIA.

B.- LA MAQUINA SE REQUIERE PARA CUBRIR UNA NUEVA NECESIDAD.

DENTRO DEL PRIMER GRUPO, DISTINGUIREMOS AUN LA DUALIDAD SIGUIENTE:

A.- 1 LA MAQUINA SERA SUBSTITUIDA, MANTENIENDO LA LINEA DE LA QUE FORMA PARTE EN LAS MISMAS CONDICIONES.

A.- 2 LA MAQUINA SERA SUBSTITUIDA COMO CONSECUENCIA DE UN CAMBIO DE LA LINEA DE LA QUE FORMA PARTE.

DETERMINADA ESTA PRIMERA CONDICION, PROCEDEREMOS AL ANALISIS DE LOS SIGUIENTES ELEMENTOS.

SI CONSIDERAMOS EL CASO A1; EL PROCESO CORRECTO SERA ANALIZAR SI LA MAQUINA QUE SE VA A SUBSTITUIR OPERO SATISFACTORIAMENTE; PARA ELLO ANALIZAREMOS LOS CONCEPTOS DEL TIPO SIGUIENTE:

- 1.- ¿LA MAQUINA SE RETIRA AL FIN DE UNA VIDA UTIL RAZONABLE?
- 2.- ¿EL RENDIMIENTO OBTENIDO FUE SATISFACTORIO?
- 3.- ¿EL MANTENIMIENTO QUEDO DENTRO DE LOS LIMITES APROPIADOS?
- 4.- ¿LA OPINION DEL PERSONAL DE OPERACION FUE POSITIVA?
- 5.- ¿EL SERVICIO PROPORCIONADO POR EL FABRICANTE FUE BUENO?
- 6.- ¿EL FABRICANTE SE MANTIENE EN LA MISMA POSICION DENTRO DEL MERCADO?
- 7.- ¿LAS CONDICIONES ECONOMICAS QUE OFRECE EL FABRICANTE SE MANTIENEN?

SI EL ANALISIS DE ESTOS CONCEPTOS RESULTA POSITIVO, EL CAMINO A SEGUIR RESULTA EVIDENTE, PUESTO QUE LA LOGICA CONDUCE A CONSULTAR

CON EL FABRICANTE DE LA MAQUINA QUE SE DESCARTA, Y PROCEDER A LA ADQUISICION DE LA NUEVA UNIDAD, ASESORANDOSE CON EL MISMO FABRICANTE, Y PROCURANDO OBTENER LAS MAYORES VENTAJAS TECNICO-ECONOMICAS.

EL CASO A-1 -1 QUE PROCEDEMOS A ANALIZAR AHORA, RESULTA DEL MISMO ANALISIS MENCIONADO PARA EL CASO A-1 ANTERIOR, EN EL SUPUESTO, DE QUE ALGUNAS DE LAS RESPUESTAS A LOS CONCEPTOS ANALIZADOS SEA NEGATIVA. ESTE HECHO, NO DETERMINARA DE NINGUNA MANERA QUE EL FABRICANTE QUE SUMINISTRO LA MAQUINA QUE SE DESCARTA, SEA ELIMINADO; PERO SI DETERMINARA QUE UNA NEGOCIACION DIRECTA CON EL, NO DEBERA SER CONSIDERADA, YA QUE LAS CUALIDADES DEL EQUIPO DESCARTADO NO HABRAN RESULTADO SATISFACTORIAS.

EL ELEMENTO BASICO A CONSIDERAR PUES EN ESTE MOMENTO, SE REFERIRA A UN ANALISIS DE MERCADO QUE DETERMINE POSIBLES SUMINISTRADORES; CONSIDERANDO AL FABRICANTE DE LA UNIDAD DESCARTADA, COMO UNO DE ELLOS. PARA ESTO, ANALIZAREMOS CONCEPTOS DEL TIPO SIGUIENTE:

- 1.- FABRICANTES QUE PUEDEN SUMINISTRAR LA MAQUINA DESEADA.
- 2.- RESPALDO TECNICO DE LOS MISMOS.
- 3.-CAPACIDAD DE FABRICACION DE CADA UNO.
- 4.- REFERENCIAS DISPONIBLES.
- 5.-CALIDAD DEL SERVICIO QUE PROPORCIONAN .

DEL ESTUDIO DE LOS CONCEPTOS ANTERIORES, PODRA DEFINIRSE UN CONJUNTO DE POSIBLES SUMINISTRADORES A LOS QUE SE PODRA INVITAR A COMPETIR PARA LA VENTA DEL EQUIPO.

RESULTA CLARO QUE EN ESTAS CONDICIONES, EL TRATO DIRECTO CON LOS CANDIDATOS NO ES CONVENIENTE, POR LO QUE SE HARA PRECISO LA ELABORACION DE ESPECIFICACIONES, DE CONCURSO, EN BASE A LAS CUALES SE SOLICITARAN LAS OFERTAS.

RECIBIDAS LAS OFERTAS, DEBERA REALIZARSE UN ESTUDIO TECNICO-ECONOMICO DE LAS MISMAS, EL CUAL DETERMINARA LA MAQUINA MAS CONVENIENTE QUE DEBE ADQUIRIRSE.

EL CASO A-2 ANOTADO ANTERIORMENTE, SE BASA EN EL HECHO DE QUE LA SUBSTITUCION DE UNA MAQUINA ESTA ACOMPAÑADA POR UN CAMBIO EN LAS CONDICIONES DE LA LINEA DE LA CUAL ESTA MAQUINA FORMA PARTE. EN ESTE CASO, SE HACE EVIDENTE QUE EL ELEMENTO BASICO PRIMORDIAL, RESULTA EL DE DEFINIR LAS CARACTERISTICAS DE LA NUEVA UNIDAD EN FUNCION DEL CAMBIO, PARA LO CUAL DEBERAN ESTUDIARSE CONCEPTOS COMO LOS SIGUIENTES:

- 1.- MODIFICACION EN LA CUANTIA DE LA PRODUCCION.
- 2.-MODIFICACION EN LA CALIDAD DE LA PRODUCCION.
- 3.-NECESIDADES PROPIAS DE LA UNIDAD NUEVA.
- 4.-NECESIDADES DE LA UNIDAD REFERIDAS A LA LINEA DE LA QUE FORMA PARTE
- 5.- EFECTOS SOBRE LA LINEA.

EL RESULTADO DEL ANALISIS DE LOS PUNTOS ANTERIORES, DEFINIRA LAS CARACTERISTICAS DE LA MAQUINA DESEADA Y PERMITIRA PROCEDER CON EL PROCESO; EL CUAL, SERA SIMILAR AL DESCRITO PARA EL A-1 -1 YA QUE EN ESTE CASO, TAMPOCO SERIA RAZONABLE REFERIRSE EXCLUSIVAMENTE AL FABRICANTE DE LA MAQUINA DESCARTADA, POR ENCONTRARNOS CON NECESIDADES POSIBLEMENTE MUY DIFERENTES A LAS QUE CUMPLIA EL EQUIPO QUE SE VA A SUBSTITUIR.

PARA FINALIZAR CON ESTE CAPITULO NOS FALTA DESCRIBIR EL PROCESO QUE BAUTIZAMOS COMO B) Y QUE PARTE DEL HECHO DE OBTENER EL EQUIPO RELACIONADO CON UN PROCESO O LINEA NUEVA. ESTE SUELE SER EL CASO MAS TIPICO, AUNQUE NO NECESARIAMENTE EL MAS IMPORTANTE, PUES LOS DESCRITOS ANTE-

RIORMENTE, EN GENERAL, SON MAS FRECUENTES Y TIENEN PRACTICAMENTE EL MISMO PESO EN CUANTO A ECONOMIA SE REFIERE.

PARA EL CASO QUE NOS INCUMBE, SE COMPRENDE QUE EL PRIMER ELEMENTO A ANALIZAR, ES EL REFERENTE A LA DETERMINACION DE LAS CARACTERISTICAS QUE DEFINIRAN LA MAQUINA QUE DEBEMOS ADQUIRIR. PARA ELLO DEBEREMOS ESTUDIAR CONCEPTOS DEL TIPO SIGUIENTE:

- a) ESTUDIO DETALLADO DEL PRODUCTO.
- b) MAGNITUD DE LA PRODUCCION.
- c) CALIDAD DE LA MISMA.
- d) PROCESO DE PRODUCCION.
- e) PARTE DEL PROCESO EN QUE INTERVIENE LA MAQUINA EN CUESTION.
- f) LIGAS DE LA MAQUINA CON EL RESTO DE LA LINEA.

DEL ANALISIS DE ESTOS CONCEPTOS, SERA POSIBLE DETERMINAR LAS CARACTERISTICAS DESEADAS QUE PERMITIRAN CONTINUAR CON EL PROCESO, ES DECIR, LA ELABORACION DE ESPECIFICACIONES Y DETERMINACION DE LOS POSIBLES SUMINISTRADORES EN EL MERCADO. EL RESTO DEL PROCESO, SERA IDENTICO AL SEÑALADO EN LOS INCISOS ANTERIORES Y CONCLUIRA CON LA ADQUISICION DEL EQUIPO MAS APROPIADO.

3.- ELEMENTOS COMPLEMENTARIOS DE SELECCION .- HASTA AQUI HEMOS HABLADO DE ELEMENTOS BASICOS, LOS CUALES HEMOS REFERIDO ESENCIALMENTE AL ASPECTO TECNICO DE LA CUESTION, SIN EMBARGO EN LA ADQUISICION DE MAQUINARIA, INTERVIENEN OTROS ELEMENTOS, QUE NO POR SER COMPLEMENTARIOS DEJAN DE SER TAN IMPORTANTES COMO LOS ANTERIORES, YA QUE EN ALGUNOS CASOS PUEDEN MODIFICAR O SER ELEMENTOS DEFINITIVOS DE LA DECISION. CABE

SEÑALAR QUE DICHOS ELEMENTOS SE CONSIDERAN COMPLEMENTARIOS, PORQUE SOLO DEBERAN SER CONSIDERADOS EN AQUELLOS CASOS EN LOS QUE LAS OFERTAS CUMPLAN ESTRICTAMENTE CON LAS CARACTERISTICAS TECNICAS SOLICITADAS. DE NINGUNA MANERA DEBERAN CONSIDERARSE ESTOS ELEMENTOS EN UNA OFERTA QUE SEA DEFICIENTE EN EL ASPECTO TECNICO.

SI NOS FIJAMOS EN LA GRAFICA No.4, NOTAREMOS QUE EL PROBLEMA TIENE DOS ASPECTOS DISTINTOS, EL PRIMERO SI EL PRODUCTO ES NACIONAL, Y EL SEGUNDO SI EL PRODUCTO ES DE IMPORTACION; ANALIZAREMOS BREVEMENTE LOS PROBLEMAS EN CADA CASO.

EN EL CASO DE PRODUCTO NACIONAL DEBERA ANALIZARSE EL PROBLEMA DEL FINANCIAMIENTO, EN EL CASO DE QUE NO SE DISPONGA O NO SE DESEE HACER EL PAGO AL CONTADO. EL COSTO DE DICHO FINANCIAMIENTO, REPRESENTARA UNA MODIFICACION DEL VALOR PRESENTE DEL EQUIPO Y PODRA INFLUIR EN LA DECISION.

AUNQUE LOS TRANSPORTES EN ESTE CASO NO SIGNIFICAN UN PROBLEMA SERIO, SI DEBERAN ANALIZARSE, PUES REPRESENTANDO UN RIESGO ADICIONAL PUEDE INDUCIR A LA SELECCION DE EQUIPOS DE EMPRESAS CERCANAS, SI EXISTE SIMILITUD EN VARIAS OFERTAS.

ES EVIDENTE QUE DEBERA ATENDERSE EL PROBLEMA DE SEGUROS, YA QUE EN ALGUNOS CASOS PUEDE SER DETERMINANTE; ES CLARO QUE EL IMPORTE DE LOS SEGUROS, SERA DIFERENTE EN CADA CASO YA QUE DICHO VALOR ESTA INFLUIDO POR LA SITUACION DEL FABRICANTE, SU ESTADO FINANCIERO Y LAS DIMENSIONES DE SU PRODUCTO.

EL COSTO DE LAS REFACCIONES ES OTRO ELEMENTO COMPLEMENTARIO IMPORTANTE DE ANALIZAR, AUNQUE POR SER FABRICACION NACIONAL, LA CANTIDAD DE LAS MISMAS PUEDE SER LIMITADA; SIN EMBARGO, SU DISPONIBILIDAD EN FABRICA Y SU NIVEL DE COSTOS, PUEDE SIGNIFICAR UN RENGLON IMPORTANTE EN LA EVALUACION DEL PRODUCTO.

SI SE CONSIDERA QUE LA REANUDACION O INICIACION DE ACTIVIDADES DEPENDE DE LA MAQUINA POR ADQUIRIR, SE COMPRENDE QUE EL TIEMPO DE ENTREGA, PUEDE SER DETERMINANTE, EN CUANTO A QUE SI RESULTA SUPERIOR AL PREVISTO EN EL PROGRAMA, PUEDE CONducIR A LA ELIMINACION DE UNA OFERTA. DE TODOS MODOS DEBERA CONSIDERARSE SU PESO, YA QUE SI EL PROGRAMA PERMITE ADELANTOS, LAS OFERTAS CON MAYOR TIEMPO DE ENTREGA DEBERAN SER GRAVADAS CON EL CARGO POR PRODUCCION NO OBTENIDA.

FINALMENTE, DEBERAN ESTUDIARSE CON CUIDADO, LAS GARANTIAS A QUE EL FABRICANTE SE COMPROMETE O SU ACEPTACION DE LAS GARANTIAS SOLICITADAS. ES USUAL QUE EL PUNTO DE VISTA DE UN FABRICANTE EN LOS MOMENTOS DE OFERTA Y SUMINISTRO CAMBIE, POR ELLO ES FUNDAMENTAL PARA EL CLIENTE, OBTENER GARANTIAS QUE ASEGUREN CONDICIONES, COMO TIEMPOS DE ENTREGA, CALIDAD, EFICIENCIA, SERVICIO ETC. O QUE EN EL PEOR DE LOS CASOS, COMPENSEN AUNQUE SEA PARCIALMENTE, LAS PERDIDAS QUE PUEDA TENER EL CLIENTE A CAUSA DE INCUMPLIMIENTOS POR PARTE DE EL FABRICANTE. EL ANALISIS DE LAS FIANZAS QUE SE OFREZCAN PARA RESPALDAR LAS GARANTIAS DEBERA REALIZARSE CUIDADOSAMENTE, YA QUE CUALQUIER DUDA AL RESPECTO PUEDE CONducIR A LA NO ACEPTACION DE UNA OFERTA.

CUANDO SE TRATA DE UN PRODUCTO EXTRANJERO, LOS ELEMENTOS COMPLEMENTARIOS POR ANALIZAR SON PRACTICAMENTE LOS MISMOS, SIN EMBARGO, PRESENTAN DIFERENCIAS EN ALGUNOS CASOS DE CONSIDERACION QUE A CONTINUACION SEÑALAREMOS:

AUNQUE EL PROBLEMA DE FINANCIAMIENTO, REQUERIRA EL MISMO ANÁLISIS QUE SE MENCIONO, EN ESTE CASO SERA MUY IMPORTANTE CONSIDERAR FACTORES COMO LOS TIPOS DE CAMBIO DE LAS MONEDAS Y LA SOLVENCIA Y REGLAS DE LAS FINANCIERAS PROPUESTAS. HABRA MUCHOS CASOS EN LOS CUALES, LA PROTECCION POR VARIACION DE TIPOS DE CAMBIO O EL COSTO DE LAS FIANZAS QUE EL CLIENTE DEBA CONSIDERAR PARA PROTEGERSE, PUEDAN AFECTAR SERIAMENTE LA DECISION.

EL PROBLEMA DE TRANSPORTE DEBERA TAMBIEN ANALIZARSE CON CUIDADO, LOS RIESGOS QUE IMPLICAN LAS GRANDES DISTANCIAS Y LOS CAMBIOS DE TRANSPORTACION REQUERIDOS; LA NECESIDAD DE MEJORES Y MAS CONSISTENTES EMPAQUES Y LA COORDINACION ENTRE LAS VARIAS ETAPAS DE TRANSPORTACION, OCASIONARAN GASTOS ADICIONALES QUE AFECTARAN SIN DUDA LA DECISION A TOMAR. TAMBIEN DENTRO DE ESTE RENGLON, DEBERAN CONSIDERARSE CON EL PESO APROPIADO, LOS PROBLEMAS Y COSTOS QUE SIGNIFICARA, LA OBTENCION DE LOS PERMISOS DE IMPORTACION Y LOS PROBLEMAS, COSTOS Y TIEMPOS QUE SIGNIFICARAN LOS TRAMITES ADUANALES.

EL PROBLEMA DE SEGUROS, AUN SIENDO EL MISMO, SE VERA ACRECENTADO POR EL LOGICO INCREMENTO DE RIESGOS, POR LO QUE EN GENERAL TENDRA MAS PESO QUE EN EL CASO DEL PRODUCTO NACIONAL.

EL CASO DE LAS REFACCIONES, TAMBIEN REQUERIRA DE UN ESTUDIO MAS CONCIENZUDO; EL HECHO DE QUE EL FABRICANTE PUEDA SITUARSE A GRAN DISTANCIA EN ESPACIO Y TIEMPO DEL CLIENTE, OBLIGARA A LA ADQUISICION DE UNA MAYOR CANTIDAD DE PARTES DE REPUESTO Y EN CONSECUENCIA A UNA MAYOR INVERSION INICIAL DE PROTECCION. EN ESTE CASO LA INFLUENCIA DE ESTA INVERSION SERA DE GRAN PESO Y TENDERA A INCLINAR LA DECISION HACIA LA MAQUINA QUE POR SU DISEÑO, DETERMINE UNA MENOR NECESIDAD DE PARTES DE REPUESTO. LA INVESTIGACION DE LA EXISTENCIA DE REFACCIONES EN EL PAIS, EN MANOS DE REPRESENTANTES DEL FABRICANTE, PODRA SER UN FACTOR CON PESO DETERMINANTE EN MUCHOS CASOS.

EL ANALISIS DEL TIEMPO DE ENTREGA, PODRA SER SIMILAR AL DEL CASO ANTERIOR, CON LA EXCEPCION, DE QUE DICHO TIEMPO DE ENTREGA DEBERA SER AFECTADO POR EL TIEMPO DE TRANSPORTACION OFRECIDO, YA QUE EN ESTE CASO DICHO TIEMPO DE TRANSPORTACION PUEDE SER CONSIDERABLE.

PARA FINALIZAR CON LOS ELEMENTOS COMPLEMENTARIOS, SEÑALAREMOS QUE EL ASPECTO DE GARANTIAS DEBE CONSIDERARSE CON MAYOR AMPLITUD PUESTO QUE LOS POSIBLES FABRICANTES ESTARAN UN TANTO FUERA DE LA PRESION DEL CLIENTE; POR LO QUE ADEMAS DE PROCURAR QUE LAS FINANCIERAS QUE OTORGUEN LAS FIANZAS SEAN NACIONALES, DEBERAN FIJARSE CON GRAN PRECISION LOS PERITOS Y TRIBUNALES, ASI COMO EL PROCEDIMIENTO LEGAL A SEGUIR EN LOS CASOS DE CONFLICTO ENTRE EL CLIENTE Y EL SUMINISTRADOR.

TODOS ESTOS ELEMENTOS COMPLEMENTARIOS, AL IGUAL QUE LOS BASICOS,

APROPIADAMENTE ANALIZADOS Y DEFINIDOS, PERMITIRAN LA REALIZACION DE ESPECIFICACIONES APROPIADAS, QUE EVITARAN SORPRESAS EN EL CONTENIDO DE LAS OFERTAS RECIBIDAS, ASI EN LA TOMA DE DECISION CORRESPONDIENTE.

4.- ESPECIFICACIONES: - COMO SE HA PODIDO OBSERVAR A LO LARGO DE LA EXPOSICION ANTERIOR, LA REALIZACION DE ESPECIFICACIONES ADECUADAS, RESULTA LA FUNCION FUNDAMENTAL DEL INGENIERO EN CUANTO AL PROBLEMA DE ADQUISICION DE MAQUINARIA.

POR ELLO PODEMOS PREGUNTARNOS ¿QUE ES UNA ESPECIFICACION? Y AUNQUE TODA DEFINICION ADOLECE DE FALTA DE PRECISION, PODREMOS CONTESTARNOS LO SIGUIENTE: UNA ESPECIFICACION, ES EL CONJUNTO DE DATOS, REGLAS Y NECESIDADES, QUE UN COMPRADOR FIJA PARA DECIDIR LA COMPRA DE UNA MAQUINA O EQUIPO. SE ENTIENDE QUE DICHOS DATOS, REGLAS Y NECESIDADES, SON IMPUESTAS A LOS POSIBLES MANUFACTUREROS COMO CONDICION DEFINITIVA PARA LA ACEPTACION DE SUS OFERTAS.

LOS OBJETIVOS QUE SE PRETENDEN OBTENER AL REALIZAR UNA ESPECIFICACION, SON LOS SIGUIENTES:

- 1.- OBTENER UNA MAQUINA QUE CON TODA PRECISION CUMPLA CON LOS REQUERIMIENTOS TECNICOS QUE SE DESEAN.
- 2.- OBTENER LOS SUFICIENTES DATOS QUE PERMITAN REALIZAR UNA COMPARACION TECNICO-ECONOMICA DE LOS PRODUCTOS SIMILARES OFRECIDOS, CON OBJETO DE PODER SELECCIONAR EL MAS CONVENIENTE DESDE EL PUNTO DE VISTA FINANCIERO.

SEGUIREMOS PARA MAYOR CLARIDAD UTILIZANDO GRAFICAS ELEMENTALES PARA

CONTINUAR EL FLUJO DE NUESTRA EXPOSICIÓN. SI NOS REFERIMOS A LA GRÁFICA NO. 5 OBSERVAREMOS QUE LAS ESPECIFICACIONES DEBEN COMPONERSE ESENCIALMENTE DE LAS PARTES SIGUIENTES:

SECCION TECNICA ESPECIFICA.- ESTA SECCION DEBERA COMPRENDER TODAS LAS CARACTERISTICAS TECNICAS QUE REQUIERE EL EQUIPO QUE SE DESEA ADQUIRIR. ESTAS CARACTERISTICAS; DEBERAN SER FIJADAS CON TODA PRECISION Y SU ALCANCE DEBE SER TAL, QUE NO DEJE DUDA ALGUNA A LOS POSIBLES POSTORES, DE LAS CUALIDADES QUE SE DESEAN.

EN ESTA SECCION SE FIJARAN DATOS RELACIONADOS CON EL PROCESO, TALES COMO PRODUCCION REQUERIDA, CARACTERISTICAS DEL PRODUCTO, ESPACIOS PREVISTOS DE INSTALACION, REFERENCIAS A LOS ELEMENTOS ANTERIORES Y POSTERIORES DENTRO DE LA LINEA ETC.

SE FIJARAN TAMBIEN DATOS MECANICOS DEL PROPIO EQUIPO TALES COMO, POTENCIAS, VELOCIDADES, ELEMENTOS MOTRICES, TIPOS DE TRANSMISIONES DESEADAS, CONSTANTES, ETC.

SERAN SEÑALADAS LAS CARACTERISTICAS ELECTRICAS DESEADAS, TALES COMO POTENCIAS, TENSIONES, CAPACIDADES, FACTOR DE POTENCIA, TEMPERATURAS DE OPERACION, RELACIONES, CONSTANTES ETC.

FINALMENTE SE FIJARAN LAS CONDICIONES DE FLUIDOS, TALES COMO VAPOR, AGUA, AIRE ETC, QUE SE REQUIERAN EN LA OPERACION DE LA MAQUINA, SEÑALANDO FLUJOS, PRESIONES, TEMPERATURAS, VOLUMENES, VELOCIDADES, ETC.

SECCION TECNICA GENERAL.- ESTA SECCION DEBERA COMPRENDER LAS RECOMENDACIONES GENERALES QUE SE SOLICITAN DENTRO DEL ASPECTO TECNICO,

ASI COMO LAS NORMAS QUE DEFINIRAN LA CONSTRUCCION, ERECCION Y OPERACION DE LA MAQUINA POR ADQUIRIRSE.

EN ESTA SECCION SE FIJARAN CONDICIONES RELATIVAS A MATERIALES, TALES COMO CLASE, CONSTITUCION, NORMAS DE FABRICACION, ETC.

SE INDICARAN LAS NORMAS NACIONALES E INTERNACIONALES QUE DEBERAN SEGUIRSE, ANEXANDO DE PREFERENCIA COPIA DE LAS NORMAS NACIONALES EN LAS SOLICITUDES QUE SE ENVIAN A LOS MANUFACTUREROS EXTRANJEROS. LOS TIPOS DE NORMAS UTILIZADOS PODRAN SER POR EJEMPLO, LAS NORMAS ANSI, ASME, IEC etc., ENTRE LAS INTERNACIONALES Y EL CODIGO NACIONAL ELECTRICO Y LAS NORMAS DEL CONNIE DENTRO DE LAS NACIONALES.

DEBERAN FIJARSE CON PRECISION LAS PRUEBAS A QUE SE DESEA SEAN SOMETIDOS LOS EQUIPOS, TANTO EN FABRICA, COMO EN EL SITIO DE INSTALACION; ANOTANDO TAMBIEN LOS METODOS CON LOS QUE SERAN REALIZADAS Y LAS NORMAS Y REGLAS NACIONALES O INTERNACIONALES QUE DETERMINARAN EL JUICIO SOBRE LOS RESULTADOS. EL TIPO DE PRUEBAS QUE DEBERAN CONSIDERARSE SE REFIERE A CARACTERISTICAS MECANICAS Y ELECTRICAS, EFICIENCIAS, TEMPERATURAS DE OPERACION, CALIDADES, POTENCIAS, CONSUMOS, PERDIDAS ETC.

SE SEÑALARAN EN ESTA SECCION TAMBIEN, LAS CONDICIONES REQUERIDAS PARA EL MONTAJE DE LA MAQUINA SOLICITADA; PARA LO CUAL, SERA NECESARIO FIJAR ESPACIOS DISPONIBLES, INTERFERENCIAS EXISTENTES O POSIBLES DURANTE LA ERECCION, CONDICIONES DE ALMACENAMIENTOS, CALIDAD Y CANTIDAD DE PERSONAL DISPONIBLE, ELEMENTOS DE CARGA UTILIZABLES, ETC.

FINALMENTE, DEBERAN ANOTARSE DATOS RELATIVOS AL TRANSPORTE DENTRO DEL TERRITORIO NACIONAL, ASI COMO FACILIDADES DE ACCESO AL LUGAR DE INSTALA-

CION, TALES COMO DATOS DE CARRETERAS INCLUYENDO TIPO Y CAPACIDADES MAXIMAS DE PUENTES O VADOS, DATOS DE FERROCARRILES INCLUYENDO GALI-BÓS Y ACERCAMIENTOS, DATOS SOBRE LOS VEHICULOS QUE SE PRETENDA UTILIZAR, SEÑALANDO PESOS MAXIMOS Y DIMENSIONES, DATOS SOBRE EL MANEJO DE BULTOS QUE SE ESPERA OBTENER, ETC.

SECCION COMERCIAL. - EN ESTA SECCION DEBERAN INCLUIRSE TODAS LAS NORMAS Y REGLAS QUE PERMITAN POSTERIORMENTE UN APROPIADO TRATO COMERCIAL CLIENTE-FABRICANTE.

ENTRE LOS RENGLONES QUE DEBERAN CONSIDERARSE EN ESTA PARTE DE LAS ESPECIFICACIONES CITAREMOS LOS SIGUIENTES:

SE PRECISARA EL NUMERO Y FLUJO DE DOCUMENTOS QUE SE DESEAN, DETERMINANDO DONDE SEA NECESARIO LAS APROBACIONES QUE SERA IMPRESCINDIBLE OBTENER, PARA PROCEDER CON LOS PASOS SUBSIGUIENTES. ASI, SE ESTIPULARAN LAS COPIAS DE LOS DOCUMENTOS COMERCIALES QUE SE REQUIERAN, INDICANDO CLARAMENTE LOS DESTINATARIOS DE LAS MISMAS. IGUALMENTE, SE INDICARAN LOS ORIGINALES O COPIAS QUE SE REQUIERAN DE PLANOS E INSTRUCTIVOS, SEÑALANDO AQUELLOS QUE NECESITEN APROBACION POR PARTE DEL CLIENTE; Y EN ESTOS CASOS, INDICANDO LOS PERIODOS QUE EL CLIENTE TOMARA PARA ESTAS APROBACIONES, CON OBJETO DE QUE EL POSIBLE SUMINISTRADOR PUEDA PLANEAR UN PROGRAMA ADECUADO DE ENTREGAS.

SE DETALLARA TAMBIEN EN ESTA SECCION, LA INFORMACION QUE SE DESEA RECIBIR Y LA CANTIDAD DE ELLA, PUDIENDO CONSIDERARSE COMO INFORMACION CONVENIENTE, PLANOS, INSTRUCTIVOS DE OPERACION, INSTRUCTIVOS DE MANTE-

NIMIENTO, REFACCIONES SUGERIDAS, CATALOGO DE REFACCIONES, DISPONIBILIDAD DE SERVICIO ETC.

SE PROCURARA INCLUIR DENTRO DE ESTE CAPITULO LAS NECESIDADES QUE EL CLIENTE CONSIDERA NECESARIAS POR PARTE DEL FABRICANTE, TALES COMO ASISTENCIA DURANTE EL MONTAJE Y AUXILIO PARA EL MANTENIMIENTO, CON OBJETO DE PRECISAR DESDE ANTES DE LA COMPRA LAS CONDICIONES QUE CADA POSTOR ESTE DISPUESTO A OFRECER.

SE ANOTARAN CLARAMENTE LAS CONDICIONES DE PRESENTACION DE OFERTAS CON OBJETO DE EVITAR MALOS ENTENDIDOS; PARA LO CUAL, SE FIJARAN LAS CONDICIONES DEL CONCURSO INDICANDO SI SERA ABIERTO O CERRADO. IGUALMENTE SE SEÑALARÁ LA FECHA, HORA Y LUGAR DE ENTREGA, AGREGANDO LA FORMA EN QUE DEBERA PRESENTARSE, ES DECIR, SEÑALANDO UN INDICE DE COLOCACION DE CAPITULOS Y DONDE SE CONSIDERE NECESARIO, SUMINISTRANDO UN CUESTIONARIO-RESUMEN, EN EL QUE SE SOLICITARAN LOS DATOS FUNDAMENTALES EN FORMA PRECISA.

SE SEÑALARAN BASES DE COMPARACION, ES DECIR, LOS CONSIDERADOS QUE SE TOMARAN EN CUENTA PARA REALIZAR LA COMPARACION DE OFERTAS, CON OBJETO DE QUE LOS POSTORES, DISPONGAN DE LAS REGLAS DE COMPETICION Y NO SE LLAMEN A ENGAÑO. FINALMENTE DEBERAN INCLUIRSE LAS REGLAS QUE SE USARAN PARA EL CASO; EN EL QUE UNA VEZ EMITIDAS LAS ESPECIFICACIONES BASICAS, SE PRETENDA POR PARTE DEL CLIENTE LA AGREGACION DE MODIFICACIONES A LAS CONDICIONES TECNICAS O DE OTRO TIPO ORIGINALMENTE IMPUESTAS.

SECCION JURIDICO- FINANCIERA.- EN ESTA ULTIMA PARTE DE LAS ESPECI-

CA CIONES, SERAN SEÑALADAS TODAS LAS REGULACIONES QUE PERMITAN RESOLVER LOS POSIBLES CONFLICTOS, QUE PUDIERAN PRESENTARSE, POSTERIORES A LA ADQUISICION. DENTRO DE ESTAS REGULACIONES PODREMOS CITAR LAS SIGUIENTES:

INDICACION PRECISA, INCLUYENDO FORMATOS DE SER POSIBLE, DE LOS PROBABLES CONTRATOS QUE SE DERIVEN DE LA COMPRA, TALES COMO CONTRATO DE COMPRA PROPIAMENTE DICHO, CONTRATACION DE SERVICIOS DE INSTALACION, CONTRATACION DE POSIBLES ASESORIAS, CONTRATACION DE SUMINISTROS ULTERIORES, ETC.

SE ESTABLECERAN CON PRECISION LAS PENAS QUE EL CLIENTE IMPONDRA Y QUE DEBERAN ACEPTARSE POR PARTE DEL FABRICANTE, TALES COMO LAS QUE SE REFIEREN A TIEMPOS DE ENTREGA, CALIDAD DEL EQUIPO, EFICIENCIAS, CONDICIONES DE OPERACION ETC.

IGUALMENTE, SE INDICARAN LAS FIANZAS QUE DEBEN ENTREGARSE, CUANDO DEBEN ENTREGARSE, QUE AMPLITUD EN TIEMPO Y RESPALDO MONETARIO DEBEN TENER Y CUALES SON LAS CARACTERISTICAS DESEADAS DE LAS AFIANZADORAS QUE ASEGUREN EL CUMPLIMIENTO DE LOS COMPROMISOS ADQUIRIDOS O EL PAGO DE LAS PENAS SOLICITADAS. SE INDICARA EN ESTA SECCION LA FORMA DE PAGO QUE EL CLIENTE OFRECE, DEBIENDO TAMBIEN INDICARSE SI SE PUEDEN ADMITIR ALTERNATIVAS EN LAS PROPOSICIONES Y EL ALCANCE O LAS RESERVAS QUE SE CONSIDERARAN RESPECTO DE DICHAS ALTERNATIVAS. SE CUBRIRA LA POSIBILIDAD DE DESACUERDOS POSTERIORES A LA COMPRA, INCLUYENDO CON TODA PRECISION, LOS ARBITRAJES, TRIBUNALES, PROCEDIMIENTOS Y DECISIONES QUE DEBERAN ACEPTARSE POR AMBAS PARTES EN EL SUPUESTO CASO DE QUE DICHOS DESACUERDOS SE PRESENTEN, YA SEA POR EVENTUALES PROTESTAS POR PARTE DEL FABRICANTE O POR DETERMINADAS RECLAMACIONES POR PARTE DEL CLIENTE. FINALMENTE SE ESTIPULARA, SI ES NECESARIA, LA POSIBILIDAD

DE CANCELACION DE LA ORDEN, REQUIRIENDO DE LOS FABRICANTES EL MONTO DE LA MISMA EN FUNCION DEL PROGRAMA DE FABRICACION DEL EQUIPO.

5.- ESTUDIO DE OFERTAS Y DECISION.- LA PARTE FINAL DEL COMPLEJO PROBLEMA DE SELECCION DE MAQUINARIA, SE REFIERE COMO ES NATURAL, AL ESTUDIO DE LAS DIVERSAS POSIBILIDADES OBTENIDAS Y A LA DECISION FINAL QUE DEBERA ESTAR APROPIADAMENTE RESPALDADA Y JUSTIFICADA.

LA GRAFICA NO. 6 MUESTRA UNA SECUENCIA PROGRESIVA QUE GLOSAREMOS A CONTINUACION, SIGUIENDO LOS MISMOS PASOS BOSQUEJADOS EN DICHA GRAFICA.

EL PRIMER PASO A SEGUIR, UNA VEZ RECIBIDAS LAS OFERTAS, CONSISTIRA EN REALIZAR UN ESTUDIO PRELIMINAR DE LAS MISMAS, REALIZANDO UN EXTRACTO EN FORMA DE TABLA DE LOS DATOS TECNICOS REQUERIDOS PARA EL EQUIPO. ESTA TABLA CONDRÁ DE UNA COLUMNA EN LA QUE SE HABRAN ANOTADO LOS DATOS REQUERIDOS EN LAS ESPECIFICACIONES. DEL ESTUDIO COMPARATIVO DE LA TABLA ANTES DICHA, SE HARAN EVIDENTES LAS OFERTAS QUE POR INCUMPLIMIENTO DE LOS REQUERIMIENTOS TECNICOS DEBERAN SER DESCARTADAS.

DE INMEDIATO SE PROCEDERA, EN FORMA SIMILAR, A LA REALIZACION DE OTRA TABULACION EN LA QUE SE CONSIDEREN TODAS LAS CONDICIONES FINANCIERAS Y COMERCIALES, QUE SE ESTIME SEA IMPRESCINDIBLE CUMPLIR. NUEVAMENTE DEL ESTUDIO COMPARATIVO DE ESTA SEGUNDA TABLA, SE DESECHARAN AQUELLAS OFERTAS CUYAS CONDICIONES NO PERMITAN QUE SE LAS TOME EN CONSIDERACION. AHORA PODRA PROCEDERSE AL ESTUDIO COMPARATIVO PROPIAMENTE DICHO; PARA ELLO SE INICIARA EL PROCESO ELABORANDO UNA TABLA MAS EN LA CUAL SE ANOTARAN TODOS LOS PRECIOS DIRECTOS, ES DECIR, PRECIOS DEL EQUIPO, PRECIO DE LAS RE-

FACCIONES, PRECIO DE LOS TRANSPORTES, PRECIO DEL MONTAJE SI SE HUBIERE SOLICITADO, PRECIO DE LAS PRUEBAS, PRECIO DE LAS ASESORIAS, ETC. LA SUMA DE TODOS ESTOS PRECIOS DETERMINARA LO QUE PODREMOS LLAMAR "VALOR DIRECTO DE LAS OFERTAS".

EL PASO SIGUIENTE CONSISTIRA EN UN ESTUDIO DETALLADO DE LAS OFERTAS, CON OBJETO DE PRECISAR DEBIDAMENTE LOS ELEMENTOS COMPLEMENTARIOS A VALORARSE, ASI COMO, LAS POSIBLES DIFERENCIAS ENTRE ESTOS ELEMENTOS COMPLEMENTARIOS; PARA LO CUAL, SE REALIZARA UN RESUMEN DE CADA OFERTA, QUE PERMITA DISTINGUIR CLARAMENTE LOS MENCIONADOS ELEMENTOS.

UNA VEZ RESUELTO EL PUNTO ANTERIOR, SE APLICARAN LOS FACTORES DE CARGO O ABONO PREVISTOS PARA CADA CASO, DEBIENDO CONSIDERARSE TODOS LOS QUE PUEDAN AFECTAR LA DECISION, TALES COMO CARGOS POR FINANCIAMIENTO, CARGOS POR TRANSPORTACION, CARGOS POR MONTAJE, ABONO POR EFICIENCIA, ABONO POR CAPACIDAD, ABONO POR CONSUMO DE ENERGIA, ETC. LA SUMA DE TODOS LOS REGLONES QUE RESULTEN, DETERMINARA UN SEGUNDO PRECIO PARCIAL QUE PODREMOS DENOMINAR COMO "VALOR INDIRECTO DE LAS OFERTAS".

LA SUMA DE LOS VALORES DIRECTO E INDIRECTO, REPRESENTARA LA COMPARACION DE LAS OFERTAS, AL OBTENERSE EL PRECIO FINAL, QUE DENOMINAREMOS "VALOR COMPARATIVO DE LAS OFERTAS". EL MENOR DE ESTOS VALORES COMPARATIVOS, DEFINIRA LA OFERTA MAS CONVENIENTE TANTO DESDE EL PUNTO DE VISTA TECNICO COMO DESDE EL ECONOMICO.

SOLO RESTARA AHORA, PREPARAR UN RESUMEN DEL ESTUDIO, EN EL QUE SE INDICARAN LOS CUMPLIMIENTOS DE LA OFERTA VENCEDORA, ASI COMO EL PRECIO DE LA

MISMA, INCLUYENDO LAS RECOMENDACIONES PERTINENTES PARA LA REALIZACION DE LA COMPRA.

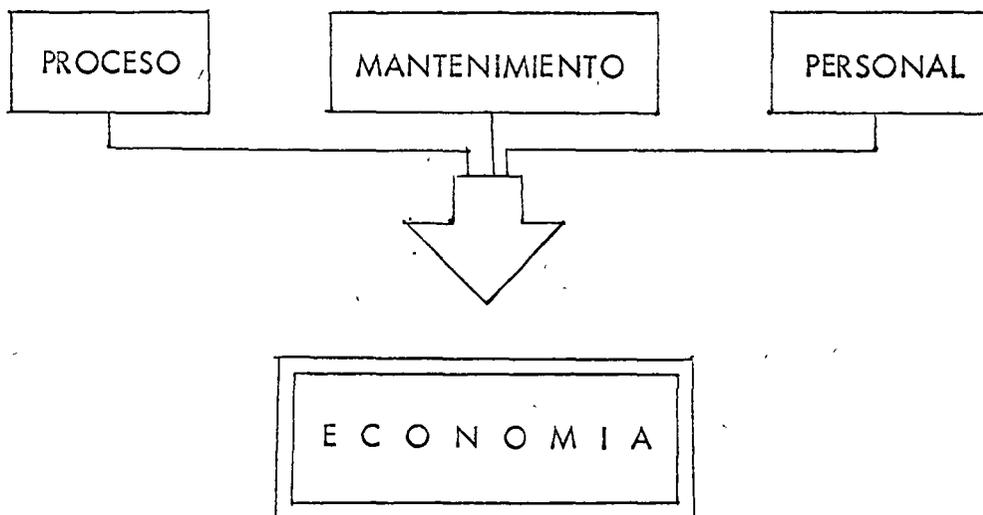
CON ESTO TERMINAMOS ESTA BREVE EXPOSICION DEL PROBLEMA DE ADQUISICION DE MAQUINARIA. ENTENDEMOS QUE HABRA SIN DUDA ASPECTOS QUE HAYAMOS PASADO POR ALTO, ASI COMO QUE LOS DIVERSOS ASPECTOS TRATADOS SE HAYAN VISTO EN FORMA SUPERFICIAL. ESTO ERA DE ESPERARSE, PUES EL TEMA TIENE UNA ENORME CAUDA DE POSIBLES DERIVACIONES, ESQUEMAS Y POSIBILIDADES Y EL TIEMPO DISPONIBLE FUE CORTO. SIN EMBARGO ESPERAMOS HABER REALIZADO UNA SINTESIS UTIL PARA LOS PRESENTES Y CONFIAMOS EN HABER DESPERTADO SU INTERES LO SUFICIENTE, COMO PARA QUE EN PARTICULAR PROFUNDICEN EN ESTE TEMA FUNDAMENTAL PARA EL INGENIERO.

CON EL OFRECIMIENTO DE CONTESTAR LAS PREGUNTAS QUE SE SIRVAN HACERME Y QUE ESTEN DENTRO DE MIS CAPACIDADES, FINALIZO ESTA INTERVENCION Y AGRADEZCO LA ATENCION Y PACIENCIA CON QUE ME HAN DISTINGUIDO. MUCHAS GRACIAS.

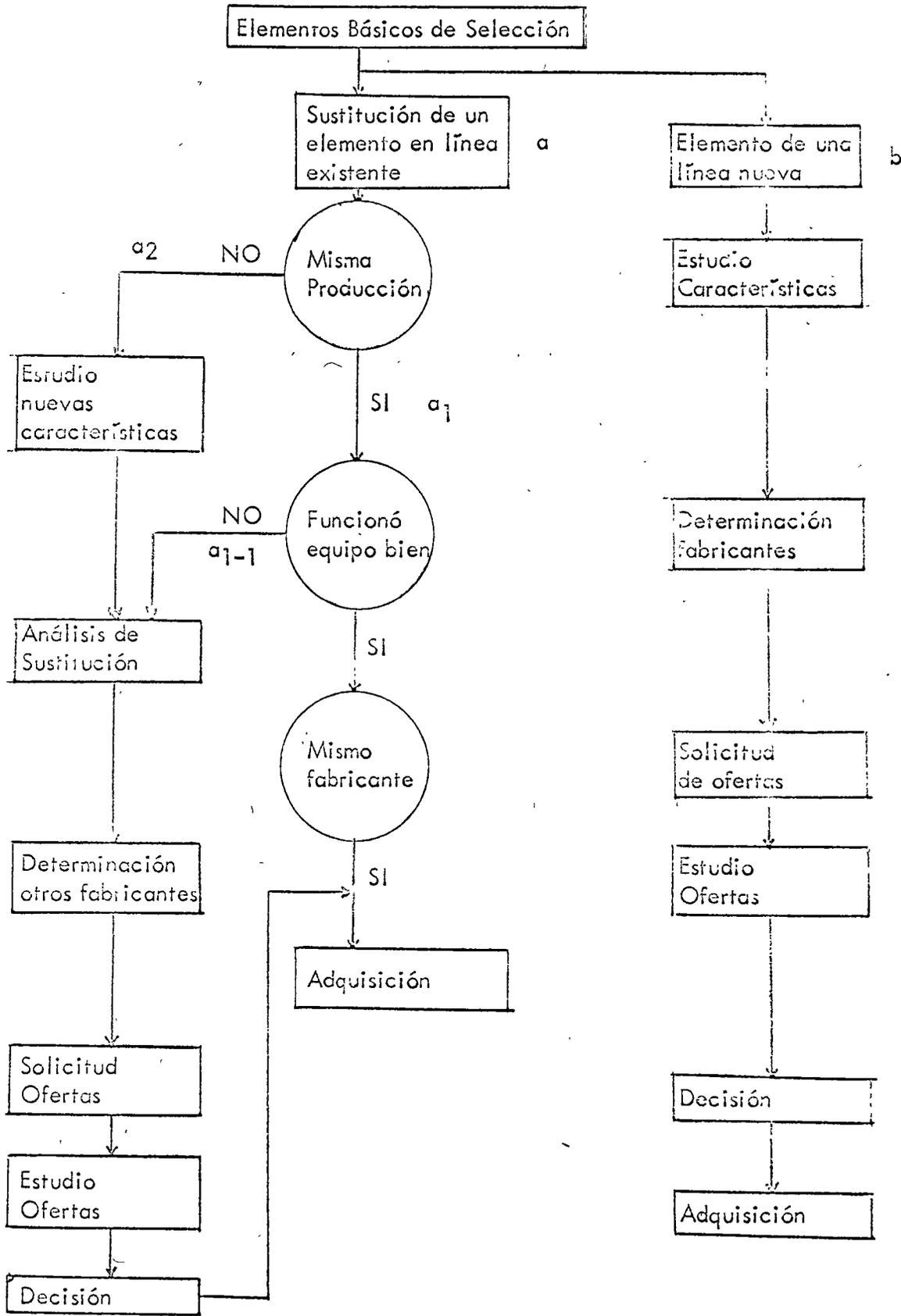
GRAFICA 1



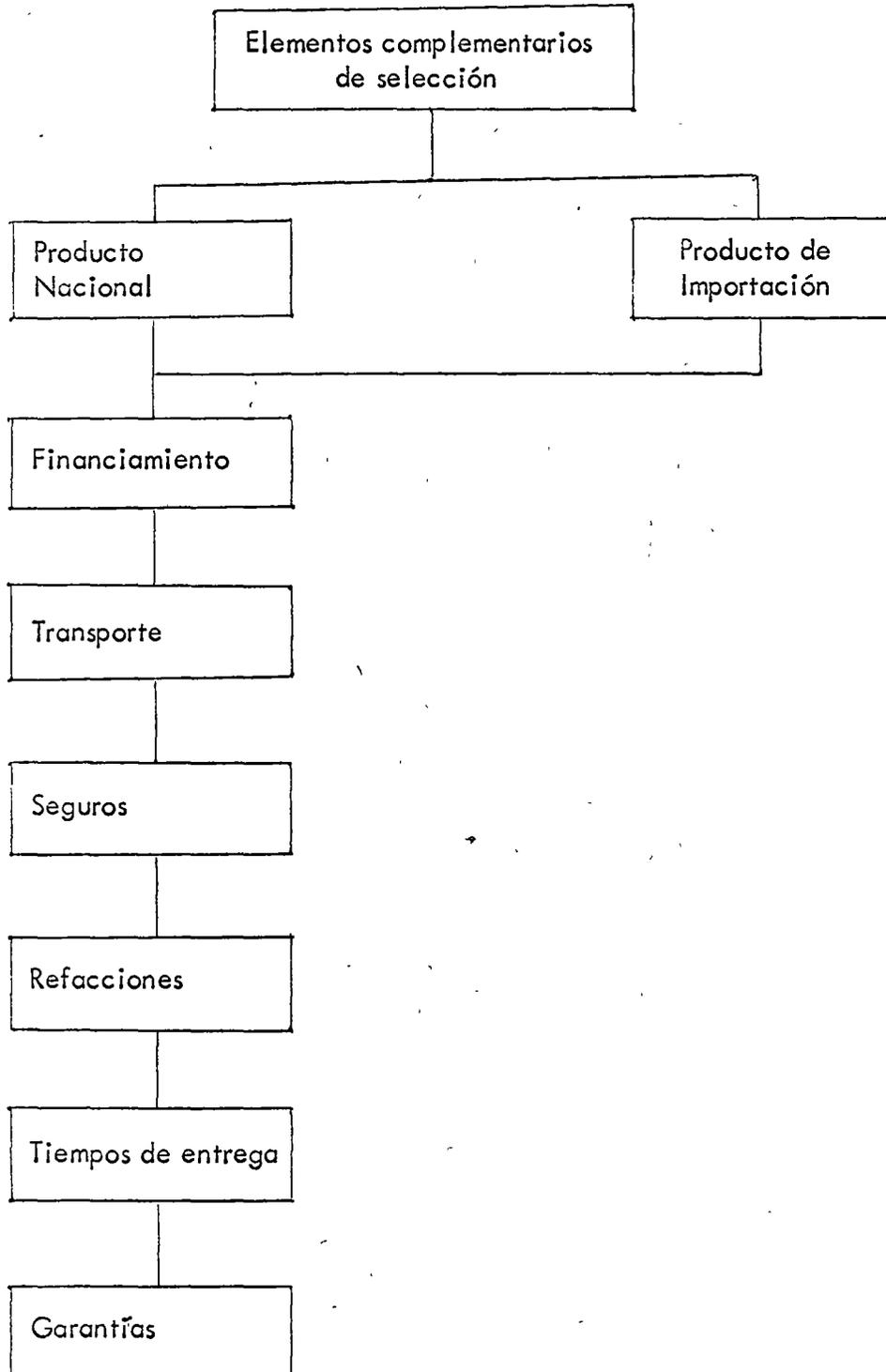
GRAFICA 2



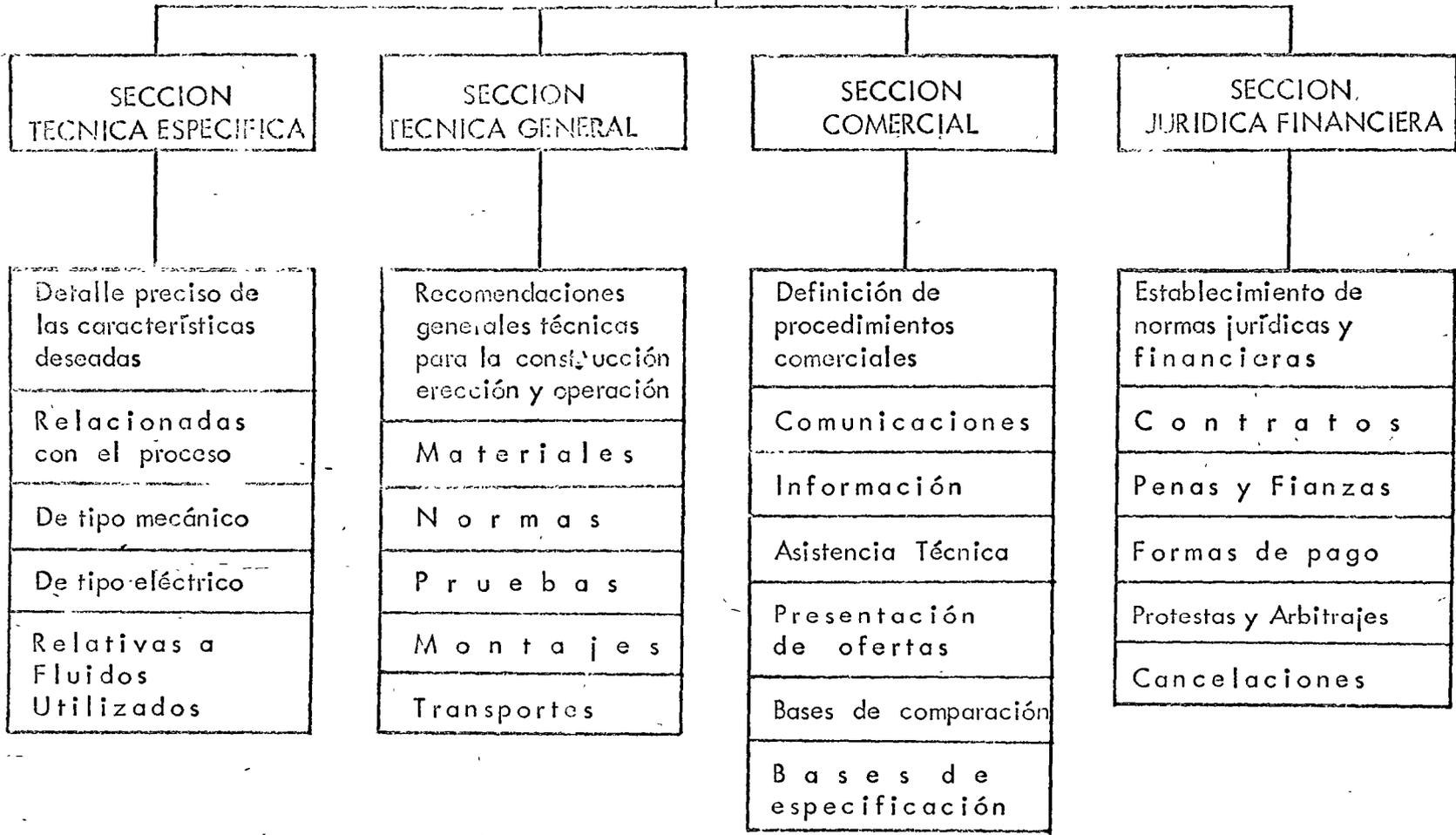
GRAFICA No. 3



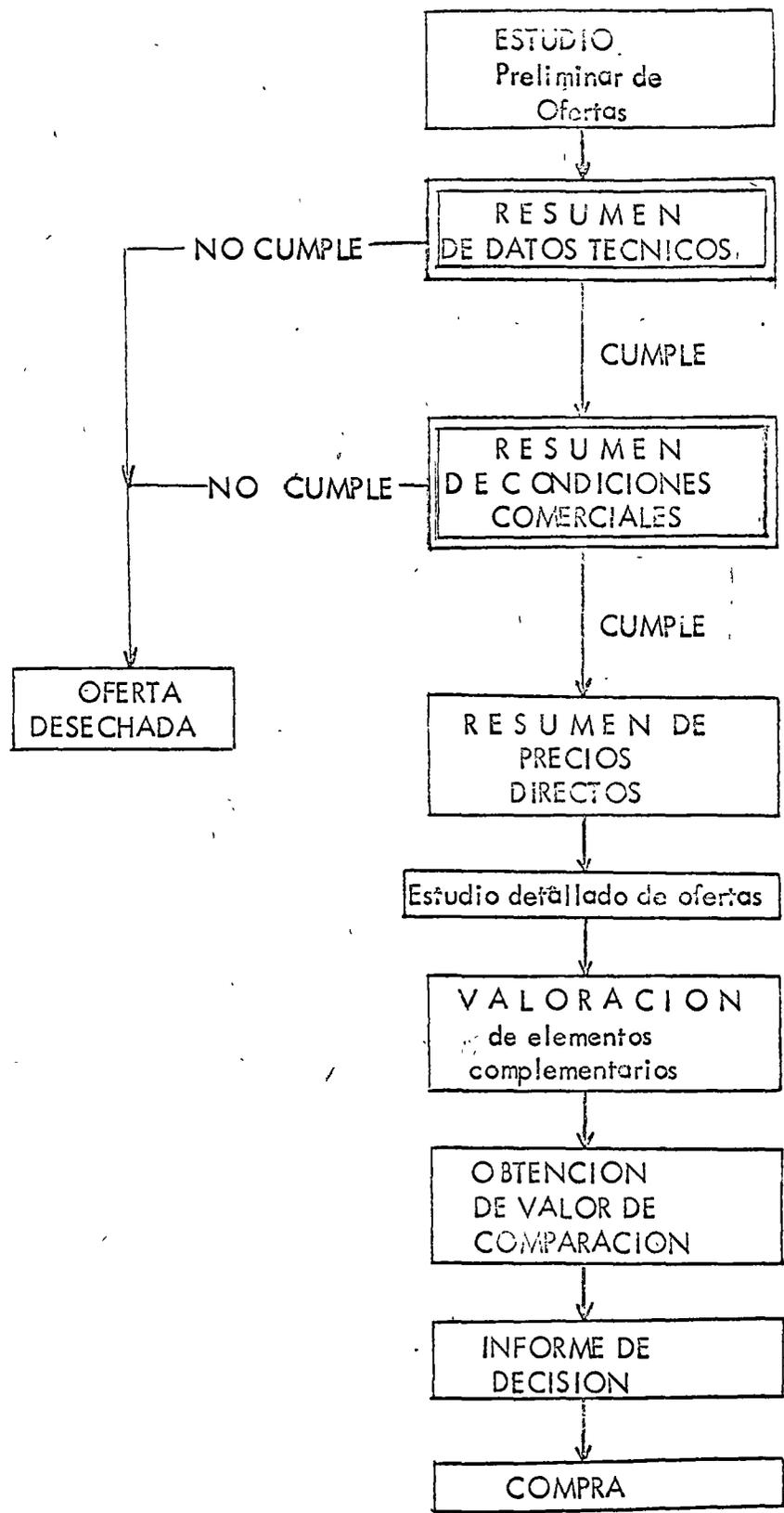
GRAFICA No. 4



E S P E C I F I C A C I O N

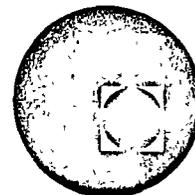


G R A F I C A No. 5





centro de educación continua
facultad de ingeniería, unam



INGENIERIA DE PROCESOS INDUSTRIALES

AERO CONTROLS CORPORATION

ING. FILIBERTO CEPEDA TIJERINA

AERO CONTROLS CORPORATION

En Marzo de 1943, los ejecutivos de producción de Aero Controls Corporation discutían la posibilidad de volver a establecer el anterior sistema de inspección de piezas tal como había estado organizado para cada departamento. En la época en que esta cuestión se puso sobre el tapete, los productos se inspeccionaban solamente después del ensamble y el acabado. La compañía había cambiado de sistema en Enero de 1943, con motivo del aumento de personal supervisor, realizado con vistas a incrementar la productividad de los trabajadores, anulando, al mismo tiempo los inspectores de departamento en la creencia de que un incremento de supervisión haría innecesario tales inspectores. La compañía había instalado un departamento de inspección final junto con un nuevo equipo que facilitaba a los inspectores finales la verificación completa de los productos acabados. Sin embargo, desde que se hizo el cambio se recibían frecuentes devoluciones de producto acabado y en Marzo el promedio era cada vez más alto.

La Aero Controls Corporation fabricaba pequeños dispositivos de control eléctrico. Estos aparatos eran vitales para el funcionamiento de los aviones. La compañía vendía sus productos a los fabricantes de aviones de los Estados Unidos, y era el principal proveedor de estos dispositivos eléctricos para las principales industrias de aviación. La compañía fabricaba sus dispositivos de control en 40 tamaños y tipos, para poder surtir a diferentes clientes según sus respectivas especificaciones. Negociaba y acordaba precios con cada cliente antes de empezar la fabricación bajo contrato.

Antes de la guerra, la compañía tenía empleadas 200 personas, de las que el 7% era hombres. Respondiendo a las fuerzas armadas para una producción mayor, la compañía amplió sus instalaciones y aumentó su mano de obra. A finales de 1942, tenía empleados unos 400 trabajadores y debido a las continuas demandas de las fuerzas armadas, tuvieron que ampliar rápidamente. La producción de la fábrica, sin embargo, no había aumentado en proporción al desarrollo de la mano de obra, y era solamente un 30% mayor que la de tiempo de paz. La compañía había trabajado provechosamente tanto en tiempo de guerra como en tiempo de paz, pero las negociaciones e impuestos del Estado, habían permitido obtener sólo una utilidad moderada en 1942. El total de ventas en 1942 habían sido unos \$ 2.000,000.

La Aero Controls Corporation estaba constituída por siete departamentos de producción: (1) un departamento de moldeado de plástico,

donde se hacían los estuches de plástico que contenían todos los dispositivos de control; (2) un departamento de prensado, donde se ejecutaban las operaciones iniciales, tales como el moldeado del metal en bruto -- transformándolo en grandes rollos prensados y láminas, el punzonado de las piezas, etc.; (3) un tercer departamento dividido en cuatro sub-departamentos, donde se ejecutaban una variedad de operaciones, tales como esmerilado, pequeña soldadura y trabajos ligeros de prensado y mecanizado; (4) un departamento de máquinas automáticas de roscar, con más de 20 máquinas de este tipo, y en el que se ejecutaban otras -- muchas operaciones sobre piezas standar fabricadas en serie; (5) un departamento de galvanizado y limpieza; (6) un departamento especial para realizar operaciones fuera de serie, y la fabricación de dispositivos especiales; y (7) un departamento de ensamble. Los mayordomos de -- los departamentos estaban bajo la autoridad inmediata del director de producción. Sólomente los mayordomos del tercer departamento tenían ayudantes: tres ayudantes que supervisaban los cuatro sub-departamentos.

Todos los departamentos de fabricación estaban instalados en una planta nueva y moderna. Los ejecutivos creían que las condiciones de trabajo de esta planta eran superiores a las de otras plantas de la -- compañía. Se pagaba por horas a todos los operarios. Los costos de -- fabricación estaban divididos como sigue: material, 12%; mano de obra, 30%; gastos generales de fabricación, 58%.

La mayoría de los dispositivos eléctricos se componían de 40 a 50 piezas. Muchas de estas piezas pasaban a través de dos o tres departamentos antes de llegar al ensamble final. Las piezas, que eran fabricadas en un día, se ensamblaban generalmente, quedando incorporadas como dispositivos de control, al día siguiente. Un dispositivo de control -- exigía de 125 a 150 operaciones de fabricación y ensamble. Muchas de -- las operaciones de fabricación ejecutadas por la compañía exigían una tolerancia de .002 pulgadas. Las piezas similares de los dispositivos de control de diversos tamaños exigían el mismo tipo de operaciones, y estas eran realizadas en todos los dispositivos, excepto en los que tenían -- diseño especial, por los mismos operarios que estaban, por lo tanto, perfectamente entrenados.

Hasta Enero de 1943, todas las piezas producidas, habían sido -- inspeccionadas antes de abandonar cada departamento o sub-departamento. Treinta y cinco mujeres inspectores permanentes, que recibían un promedio de 60 centavos por hora, habían sido empleadas en la planta. Estas mujeres estaban bajo la autoridad del mayordomo del departamento. Cinco -- inspectores, instalados en el departamento de ensamble inspeccionaban los productos acabados. Los servicios de la armada no tenían inspectores residentes en la planta, pero enviaban oficiales a la fábrica tres veces por se

mana para inspeccionar las pruebas de los dispositivos. El costo de las inspecciones de la compañía, importaba cerca de un 5% del total de los gastos generales de fabricación.

El promedio de devoluciones en cada departamento de producción y en el departamento de ensamble se estimaba en un 5%. El director de producción se esforzaba en controlar los costos de las devoluciones exigiendo a los mayordomos informes semanales. Estos informes señalaban los pesos de todos los materiales rechazados por los departamentos. Comparando estos pesos con la cantidad de material puesto en producción en cada departamento, que se mostraba en los informes semanales de producción, el director creía que podía determinar la eficiencia de un departamento con bastante exactitud. No estaba sin embargo demasiado satisfecho con este método de control; porque comparando los informes de los mayordomos con los de Ventas, encontraba, frecuentemente, que los mayordomos no declaraban en su informe todos los rechazos. Además, sabía, por experiencia, que más del 70% de las piezas que los inspectores de departamento rechazaban, no se incluían en los informes porque se podían volver a hacer. Los informes no revelaban el tiempo perdido en repetir estas piezas defectuosas.

La Dirección de la Aero Controls Corporation creía que la dificultad para contratar obreros calificados había sido la causa principal del fracaso de la compañía para incrementar su producción durante 1942. La oficina de personal, encontraba muy difícil reclutar nuevos trabajadores porque otras fábricas de material de guerra de la zona también aumentaban su mano de obra. Además, la compañía encontraba también difícil retener a los nuevos empleados después de contratados. Los cambios de mano de obra ofrecían un promedio del 3% semanal. Un gran número de mujeres poco eficientes habían sido empleadas en los departamentos de producción y se les había enseñado una sola operación simplificada. Después de adquirir más eficiencia, muchas mujeres dejaban la compañía para aceptar trabajos mejor retribuidos. Un considerable número de mujeres, carentes de experiencia en fábricas, encontraban molesto el trabajo de la fábrica y permanecían en ella poco tiempo; otras mujeres iban de planta en planta hasta encontrar su trabajo preferido.

La compañía siguió con el programa de adiestramiento de los nuevos empleados. Cada mayordomo era responsable de enseñar a los nuevos trabajadores las operaciones de su departamento. Bajo tal sistema, los costos directos de enseñanza eran una parte de los costos de supervisión. Muchas operaciones fueron suprimidas o su-

ficientemente simplificadas, por lo que el promedio del período de -- aprendizaje era de pocas horas. Sin embargo, los mayordomos no podían emplear mucho tiempo en cada nuevo productor y por lo tanto el período de aprendizaje duraba, a menudo, varios días. Los ejecutivos creían que, probablemente, esta enseñanza podía ser realizada más -- rápidamente por medio de clases especiales llevadas por instructores especializados. Los ejecutivos eran de la opinión de que, dado el alto nivel de rotación de la mano de obra, el costo de esta enseñanza especial, sería demasiado elevado y que el dinero gastado en el mismo, con empleados que estaban en la compañía solamente por un corto período de tiempo, sería desperdiciado.

Los deberes de enseñanza y supervisión de un mayordomo habían aumentado grandemente debido al aumento de la mano de obra. -- Para aliviar la pesada carga de los mayordomos, los ejecutivos empezaron a aumentar el personal de supervisión a finales de 1942. En --- tiempos de paz, los mayordomos normalmente supervisaban un promedio de 40 productores. El costo de esta supervisión importaba en aquel tiempo un 2% de los costos de producción. Los ejecutivos eran de la -- opinión de que la contratación de mano de obra poco eficiente y la imposibilidad de supervisarla convenientemente, debido al pequeño número de mayordomos disponibles, eran la causa de que la producción permaneciera a un nivel bajo. Creían, pues, que una supervisión más estrecha daría como resultado un incremento de producción, así como una -- calidad más elevada de trabajo. Por lo tanto, seleccionaron 12 nuevos supervisores para ayudar a los mayordomos en los departamentos de -- producción. Diez de estos hombres fueron seleccionados de entre los -- obreros de la compañía y otros dos no empleados en la compañía, contratados por su experiencia. Estos dos hombres, no poseían una previa experiencia de fábrica, pero fueron escogidos por su personalidad, -- inteligencia y aparente capacidad para vigilar a otras personas. Los supervisores recibían 95 centavos por hora. Sus deberes incluían a enseñar a los nuevos operarios y observar su manera de trabajar para ver -- si alcanzaban el standard establecido y determinar lo máximo de que el productor era capaz. La compañía se aseguró los servicios de un especialista externo a la empresa, para instruir a los nuevos supervisores en sus tareas de enseñanza, psicología, supervisión y trabajo de calidad.

Con la estrecha vigilancia originada por el aumento de personal de supervisión, los ejecutivos creían que la inspección por departamentos no era ya necesaria por dos razones: los trabajadores estarían mejor entrenados y harían, de esta forma, trabajos de más alta calidad y con pocos rechazos; los supervisores podían en el acto vigilar el trabajo y -- verificar las piezas en los puestos de trabajo. Por lo tanto, anularon la -- inspección por departamentos y establecieron un departamento de inspec-

ción final. 25 muchachas con experiencia de inspección en los departamentos, fueron seleccionadas para trabajar en el nuevo; los restantes inspectores, fueron trasladados a trabajos de producción. Los ejecutivos eran de la opinión que eliminando la inspección por departamentos, bajarían los costos de inspección, ya que se requerían pocos inspectores. Creían que los costos de inspección, que anteriormente importaban un 5% de los costos de fabricación, serían un 20% menores bajo el nuevo sistema. Creían también, que eliminando la inspección por departamentos reducirían, además de los costos de inspección, el manejo y transporte y aumentarían la producción. En el pasado, ocurrían frecuentes retrasos debido a "congestiones" en los puestos de inspección de los departamentos. Todas las piezas pasaban a través de estos puestos y en la mayoría de los departamentos se requería un tiempo considerable para manejar y transportar estas piezas. Sin estas inspecciones, los ejecutivos creían que el material y las piezas se tramitarían más rápida y eficientemente a través de la planta.

Juntamente con la eliminación de estas inspecciones en los departamentos, los ejecutivos planearon llevar a cabo una inspección más completa de los dispositivos de control de la compañía, en el departamento final de inspección. La inspección final antigua consistía en una inspección visual y dos simples pruebas de funcionamiento antes de que los dispositivos de control abandonaran el departamento de montaje. Los ejecutivos siempre habían considerado satisfactorios estos métodos de inspección aunque, de vez en cuando, los clientes devolvían dispositivos por no ajustarse a sus especificaciones. Sin embargo, no se disponía de otros medios para conocer el comportamiento de los dispositivos de control en su campo real de funcionamiento. Para mejorar la inspección final, gastaron \$ 20,000 en un equipo especial de pruebas. Creían que el nuevo equipo revelaría algunos defectos que pasaban desapercibidos antes. Los dispositivos eran sometidos a sobrecargas de calor, frío, aceite y vapor y se hacían funcionar a regímenes determinados. El tiempo de inspección por unidad era cuatro veces mayor que el antiguo sistema de inspección final, aunque con el nuevo equipo, podían ser probados al mismo tiempo varios dispositivos. A las muchachas del departamento de inspección se les proporcionaba una enseñanza especial sobre técnicas de inspección; también eran adiestradas en la construcción de los dispositivos de control para que pudieran hacerse cargo con mayor rapidez y seguridad de los defectos, retirando el dispositivo defectuoso o encontrando la causa del defecto. Cuando descubrían un dispositivo defectuoso en la inspección final, informaban del defecto al supervisor del departamento de producción responsable. Este supervisor tomaba medidas para corregir la causa del defecto y evitar que se volviese a repetir en el futuro. El mayordomo

del nuevo departamento de inspección, que dependía directamente del director de producción, enviaba informes semanales a éste, señalando el número de piezas defectuosas devueltas a cada departamento para su --reparación. También informaba sobre el número de piezas defectuosas que no podían ser reparadas y daba su opinión sobre cuales eran los departamentos responsables de tales defectos.

En Marzo de 1943, después de que el departamento de inspec--ción final había estado trabajando durante dos meses, los ejecutivos de la producción no estaban satisfechos con los resultados. Mientras que la producción había aumentado en un 10% en algunos departamentos, el departamento de inspección final había estado devolviendo entre un 20% y un 25% de los dispositivos inspeccionados. Los inspectores finales habían podido localizar las causas de todos los defectos en los departamen--tos responsables y los supervisores del departamento habían podido, generalmente, corregir los errores por los que se les había llamado la --atención. Sin embargo, era frecuente que las causas de los defectos no existieran cuando se recibía la información porque las 24 horas pasadas desde que la pieza se estaba fabricando hasta que llegaba al ensamble --final, daban tiempo a que se empezase a producir un lote diferente y las herramientas y máquinas habían sido preparadas de nuevo. Los defectos en muchos dispositivos eran causados por errores de poca importancia - que los ejecutivos creían consecuencia del poco cuidado y de la falta de - experiencia de los operarios. Comúnmente, cuando un dispositivo no era aprobado por la inspección, se comprobaba que un número de dispositivos del mismo lote, también era defectuoso. Todos los departamentos parecían ser responsables de, aproximadamente, el mismo número de devo--luciones.

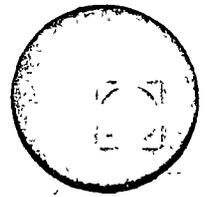
Los supervisores de departamento separaban cerca de un 10% de trabajo defectuoso antes de que aquel abandonase su departamento y cerca de un 5% se descubría más tarde en otros departamentos y era devuelto - al departamento responsable. El 85% restante de piezas defectuosas se - descubría en el departamento final de inspección y desde allí eran devuel--tas a los departamentos de producción para repetir las; un 65% de estas --piezas podían ser repetidas satisfactoriamente.

Debido al gran número de piezas devueltas por el departamento - final de inspección, los ejecutivos de producción consideraban la conve---niencia de restablecer la inspección por departamentos. Se retrasaron - muchas entregas 3 o 4 días por devolución de las piezas defectuosas a los departamentos de producción. Además, las devoluciones incrementaban -- los costos del material cerca del 8% y el trabajo defectuoso añadía un 10% al costo de mano de obra. Los ejecutivos creían que si la compañía vol--vía a los métodos antiguos de inspección, las piezas defectuosas se podrían descubrir y las causas del defecto ser corregidas antes de que un lote completo pasase a los departamentos sucesivos.

Por contra, si los departamentos de inspección se volvían a establecer, un número de nuevos inspectores tendría que ser empleado en los departamentos y esto incrementaría los costos de inspección. Los ejecutivos creían que el único camino que podría asegurarles un número suficiente de muchachas para inspeccionar las piezas en todos los departamentos, sería sacarlas de las tareas de producción y colocarlas donde se necesitaran en aquel momento. Además los ejecutivos eran de la opinión de que inspeccionar las piezas en cada departamento causaría algún retraso y costos más elevados debido al incremento de manejo que sería necesario. Ellos no sabían en que grado se verían aumentados los costos de manejo, porque las piezas eran manejadas por operarios, inspectores, capataces y transportistas y porque los costos de manejo no eran contabilizados aparte de los otros costos. Observaron, sin embargo, que los costos de manejo en la mayoría de los departamentos de producción, se habían reducido a 2/3 después de eliminar los departamentos de inspección. Los ejecutivos argumentaron que no querían abandonar el nuevo departamento de inspección final porque se perdería la inversión hecha en la compra de un equipo especial y, porque creían, además, que el nuevo método de inspección final era más completo que el antiguo. Los clientes no habían devuelto ningún dispositivo desde que el nuevo equipo de prueba había estado trabajando.



centro de educación continua
facultad de ingeniería, unam



INGENIERIA DE PROCESOS INDUSTRIALES

GENERADORES DE VAPOR PARA APLICACIONES INDUSTRIALES

ING. ALEJANDRO F. ROMERO LOPEZ

GENERADORES DE VAPOR PARA APLICACIONES INDUSTRIALES

1. INTRODUCCION

La fuerza expansiva del vapor, nervio motriz de la revolución industrial de finales del siglo XVIII y principios del XIX, - fue en realidad detectada en una fecha tan lejana como 150 -- A. M. cuando Hero de Alejandría diseñó una turbina experimental en la que al evaporarse el agua se producía un efecto de giro, figura 1.1

En el último cuarto del siglo XVI se registran algunos tratados sobre la generación de vapor, entre ellos los de Mathe---sius, alemán, en 1571 de Beson, francés, en 1578, de Ramelli, italiano, en 1588 y a principios del siglo XVII, el de Batis---ta de la Porta, en Italia, 1601, el de De Caus, ingeniero ---francés, en 1615, y el de Branca, italiano, en 1629.

El mérito de proponer, aunque no de construir, el primer mo---tor útil de vapor se debe aparentemente, a Edward Somerset, -segundo Marqués de Worcester, quien publicó, en 1663, un tratado que describía dispositivos para elevar agua, no solamente forzándola entre dos recipientes mediante la presión direc---ta del vapor, sino por medio de un pistón reciprocante que ac---tivaba al extremo de una palanca conectada, por el otro lado, a una bomba primitiva de agua. Sus descripciones son un tanto oscuras y sin ilustraciones; no existe evidencia de que alguno de sus aparatos haya sido construido realmente, pero mu---chos de sus partidarios sostienen que sí lo hizo, y que ope---ró un motor de vapor de movimiento alternativo.

En 1680, el Dr. Denis Papin, francés, inventó un digestor de vapor con propósitos culinarios, utilizando una "caldera bajo presión pesada". Para evitar una explosión, añadió un contra---peso que vino a ser la primera válvula de seguridad en la his---toria.

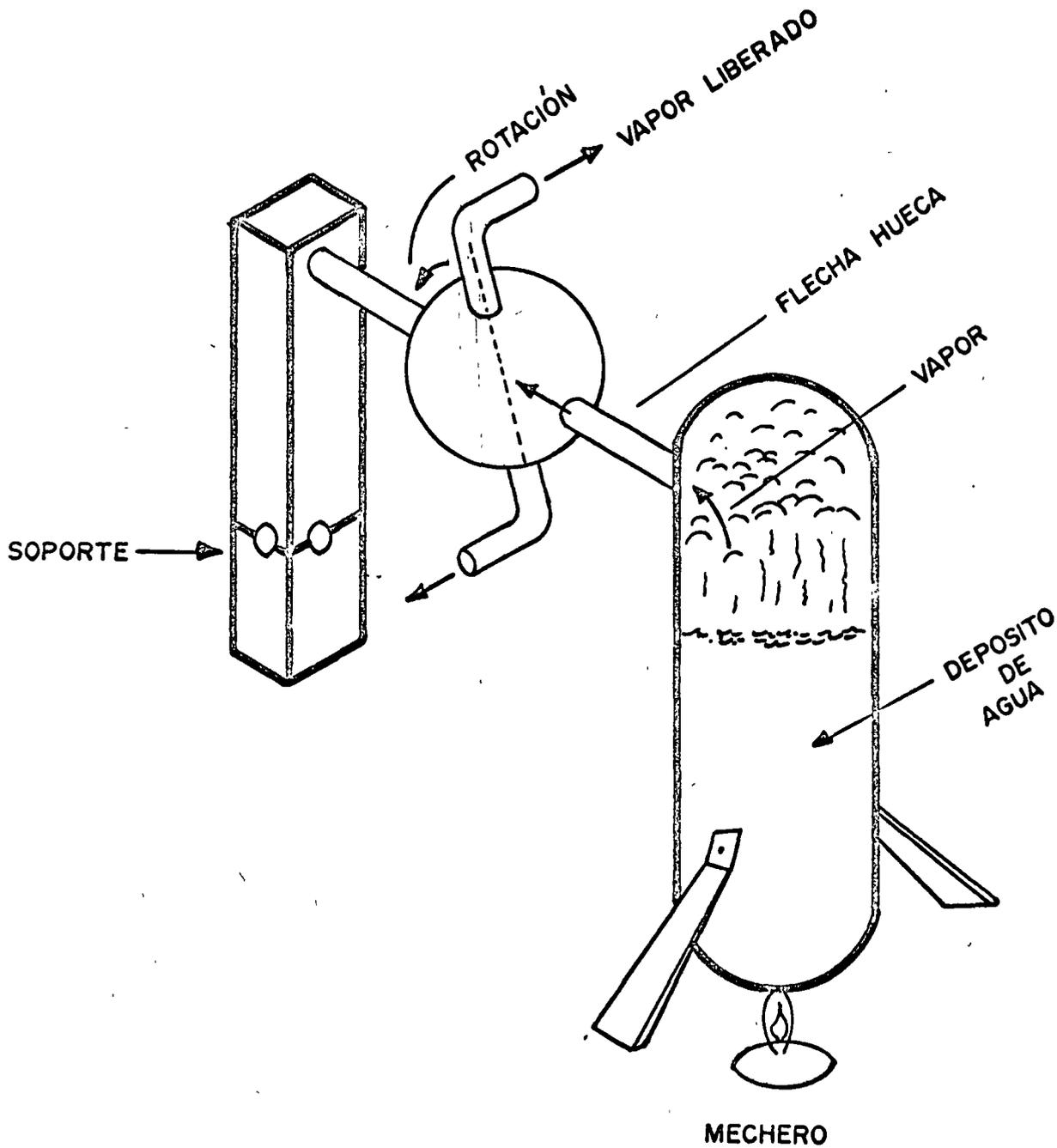


Fig-1.1. TURBINA DE HERO (150 A.M.)

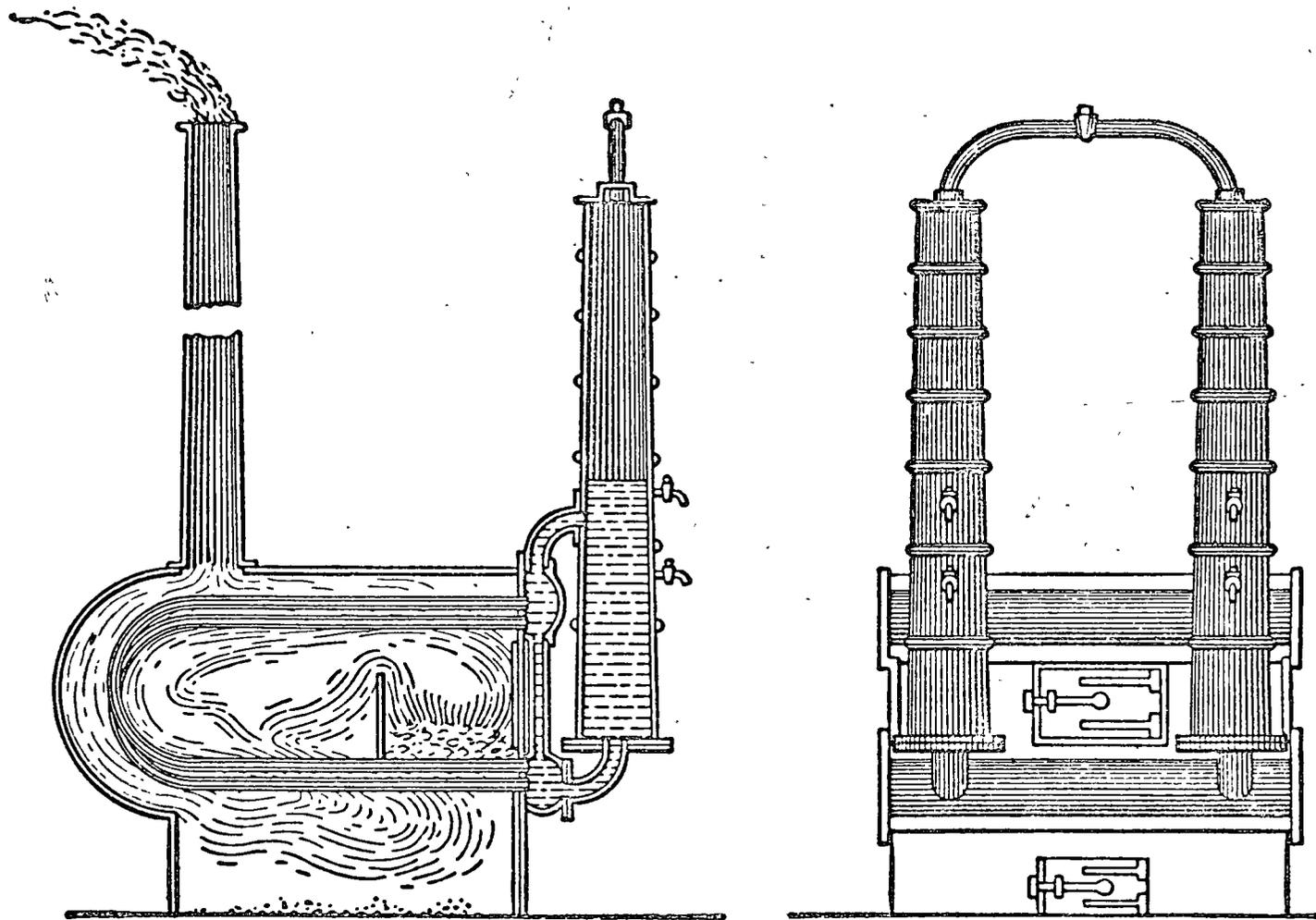


FIG. 1.1.2

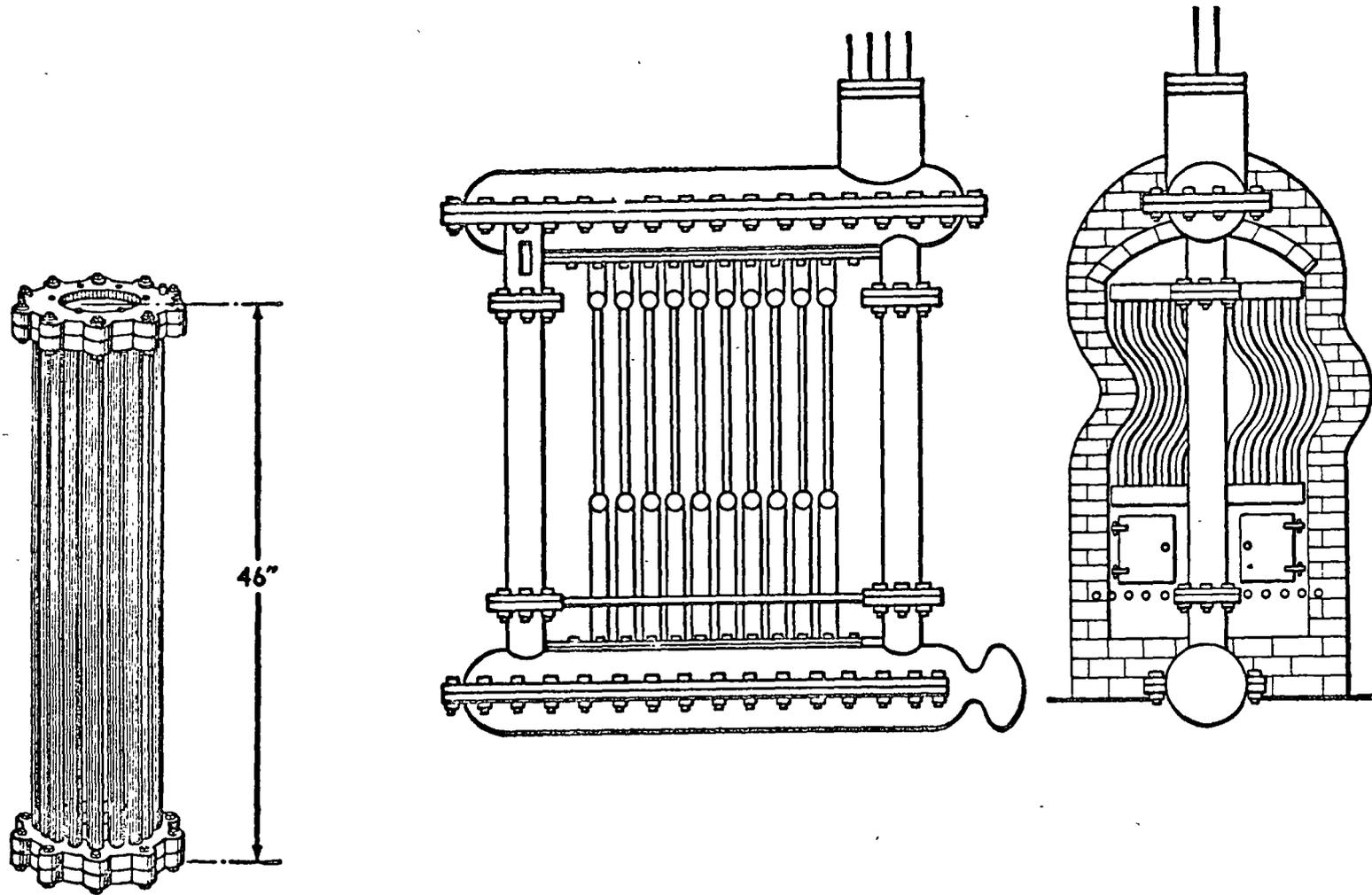


Fig. 1.1.3

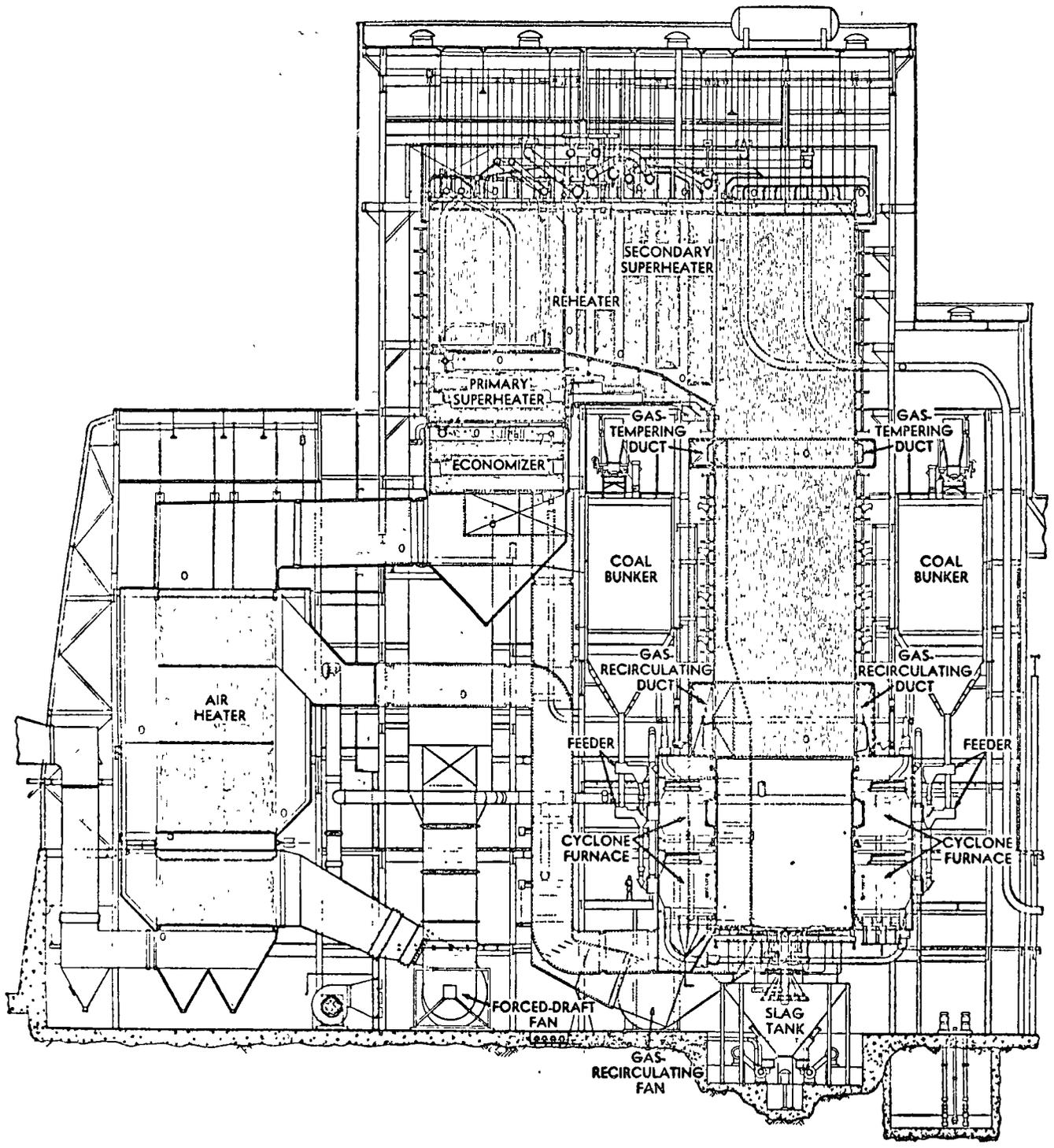


Fig. 1.1.4

Posteriormente, Thomas Newcomen y John Cawley, su asistente, -- lograron introducir comercialmente una máquina de vapor que fue utilizada con éxito, alrededor de 1711, en instalaciones mineras para bombear agua de los tiros.

No fue hasta 1769 cuando James Watt mejoró notablemente la operación de la máquina de Newcomen . Contrariamente a la creencia popular, Watt no inventó la máquina de vapor, lo único que en realidad hizo fue agregar un condensador de baja presión a la descarga, con lo cual se aprovechaba el alto contenido energético del vapor de agua a presión atmosférica.

Con las mejoras de Watt, la revolución industrial entra en su auge y la continua demanda de energía mecánica barata fomenta el desarrollo de la investigación. Durante todo el siglo XIX se proponen y fabrican distintos tipos de generadores de vapor (ver figuras), que culminan con las gigantescas calderas para generación eléctrica que pueden accionar grupos turbogeneradores con capacidad de 1200 a 1500 MW.

2. CAPACIDAD DE LOS GENERADORES Y CABALLOS CALDERA

Es evidente que el vapor, no obstante el avance tecnológico y científico de la humanidad, no ha podido ser relevado de su importante papel en la industria. Cualquier fábrica, proceso o instalación industrial, etc., que no sea el taller artesanal familiar, requiere el uso del vapor.

Se hace necesario, por tanto, que el ingeniero sepa por lo menos cómo cuantificar o seleccionar la capacidad del generador de vapor que requiere ¿Cómo se mide? ¿Cómo se especifica? es el tema de este capítulo, pero antes de entrar en materia, conviene recordar el punto de vista de Lord Kelvin :

"Con frecuencia digo que, al medir aquello de lo se está hablando y expresarlo en números, se sabe algo acerca de ello; pero cuando no puede expresarse en números, su conocimiento es pobre y de una calidad poco satisfactoria; puede ser el principio del conocimiento, pero, en el fondo, casi no se puede decir que se haya penetrado a la etapa de la ciencia, cualquiera que sea el asunto de que se trate" (1858)

Antiguamente el "tamaño" de un generador de vapor, se determinaba mediante el "caballo caldera" definido arbitrariamente - como 0.93 m² de superficie de calefacción, entendiéndose por esta última, el área bañada por los gases producto de la combustión.

Algunas otras definiciones de caballo caldera se dan a continuación :

- a). Caballo caldera desarrollado. Se estableció arbitrariamente igual a la evaporación de 13.62 Kg/hr. de agua a una temperatura inicial de 37.8 ° C hasta saturado y seco a presión de 4.83 bars.
- b). Caballo caldera equivalente. Evaporación de 15.66 Kg/hr. de agua de y a 100 ° C; en potencia calorífica es idéntico al c.c.d. del inciso a.
- c). Caballo caldera equivalente. Definición alternativa del inciso b, solo que especificando la potencia calorífica - equivalente es decir, la transferencia de energía calorífica por unidad de tiempo a la masa de agua anterior; esto puede expresarse en cualquiera de las siguientes unidades:

$$\begin{aligned}
 \text{c.c.e.} &= 33480 \text{ BTU/hr.} = \underline{\underline{9.81 \text{ KW}}} = 8437 \frac{\text{KCAL}}{\text{hr.}} \\
 &= \underline{\underline{35317.11}} \frac{\text{KJ}}{\text{hr.}}
 \end{aligned}$$

Las unidades subrayadas corresponden al Sistema Internacional de Unidades para abreviar S.I. que fue recientemente adoptado por todos los países del mundo.

En general, puede afirmarse que la definición dada en el inciso c, es la más correcta técnicamente, dado que indica una potencia calorífica en KW y da una idea del comportamiento que debe cumplir un generador de vapor; con respecto a la definición original, de 0.93 m² de superficie de calefacción, ésta debe descartarse definitivamente, ya que el avance tecnológico y los diseños actuales permiten desarrollar una potencia calorífica por unidad de área muy superior a 1.08 caballos caldera

por cada metro cuadrado de superficie de calefacción.

La expresión "caballo caldera" sigue utilizándose ampliamente en la actualidad como una herencia del pasado, aunque solo en calderas muy pequeñas, en capacidades hasta de 700 c.c., equivalentes a una generación de potencia calorífica de 5886 KW. Cuando se trata de unidades de cierta magnitud, generadores - tipo paquete, ya no se especifican en caballos caldera, sino en su capacidad máxima continua de evaporación en kg/hr a las condiciones deseadas de presión y temperatura. Es evidente -- que para el fabricante pueda llevar a cabo el diseño, se requiere especificar también las condiciones del agua de alimentación.

3. PROCESO DE EVAPORACION

¿Qué ocurre desde el punto de vista físico en una caldera? Para entender el proceso de cambio de fase será necesario recordar algunos conceptos de física elemental y nociones de termodinámica,

Tal vez sea más instructivo iniciar la discusión a nivel molecular; siempre que ocurre un cambio de fase, se sabe por experiencia que ni la presión ni la temperatura varían. Al hablar de cambio de fase, automáticamente se incluyen todos los cambios físicos posibles, es decir, licuefacción, evaporación y sublimación.

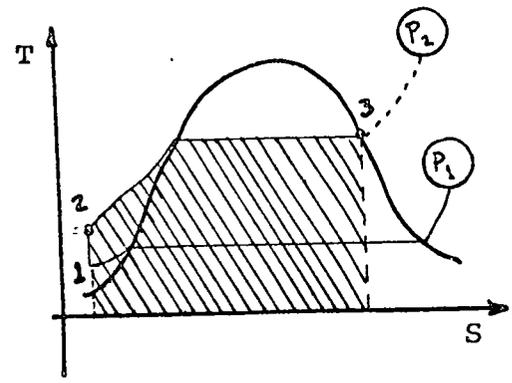
La peculiaridad de la naturaleza que hace que la temperatura no varíe durante el cambio de fase, es aprovechada desde tiempo inmemorial por las amas de casa. Cuando cocinan algún alimento, durante el transitorio de lograr la elevación de temperatura hasta el valor de saturación (ebullición), utilizan a plena potencia los quemadores de sus estufas; una vez que se alcanza este punto, disminuyen, a potencia mínima, la acción de sus quemadores (fuego lento), manteniendo así una evaporación mínima y suministrando las pérdidas normales por radiación e incalculables.

¿Por qué no varía la temperatura? Un intento de descripción del fenómeno a nivel molecular puede ser útil. En un sólido, las fuerzas intermoleculares son muy fuertes y se requieren grandes cantidades de energía para romper las ligas intermole

culares; en un líquido son más débiles aun cuando siguen man-
 teniendo sus ligas. Durante el proceso de evaporación, toda
 la energía que se suministra a la materia se emplea precisa-
 mente para liberarla de las fuerzas que la aprisionan; la ma-
 teria se siente más libre cuanto mayor es su energía; por --
 ejemplo, una molécula de vapor de agua tiene mucho mayor li-
 bertad de movimiento que una molécula de agua en fase líqui-
 da y más aún que en fase sólida.

Desde luego no es el propósito de esta sesión el hacer un --
 análisis a nivel microscópico de los procesos de cambio de -
 fase; para eso se necesitaría una base sólida de conocimien-
 tos de estadística y física cuántica, por lo que será neces_a-
 rio recurrir al auxilio de la termodinámica clásica.

Solo recordemos que el área bajo un diagrama T-S, representa
 suministro de energía calorífica y con base en eso se ilustra
 el proceso de cambio de fase que se lleva a cabo en un gene-
 rador de :



- 1-2 Bombeo del agua de -- alimenta-- ción.
- 2-3 Evaporación a $P = \text{cte.}$

FIG. 3.1.1

Es evidente que no hay ninguna área bajo la curva 1-2, donde el suministro de energía es puramente mecánico, pero toda el área bajo 2-3, representa suministro de energía calorífica por unidad de masa a la sustancia que se está evaporando.

El proceso 2-3 representa termodinámicamente lo que ocurre en una caldera que genera vapor saturado; la línea punteada marca la continuación del 2-3, es decir, representa una línea de presión constante en el plano T-S. Dependiendo de las necesidades específicas, puede requerirse de vapor sobrecalentado, término teórico empleado para denominar al vapor cuya tempera

tura es superior a la correspondiente de saturación.

Nótese que en la zona de cambio de fase entre 2 y 3, no existe ningún incremento de temperatura; se debe al hecho de que toda la energía que se suministra al agua en esta parte del proceso es absorbida por las moléculas para incrementar su propia energía y romper los lazos intermoleculares que las mantienen unidas. El incremento de energía interna no es, por tanto, detectable mediante aumentos de temperatura, sino en porción de masa evaporada, x , que es precisamente la definición del concepto de calidad.

La energía calorífica suministrada durante el cambio de fase - suele denominarse "calor latente de evaporación", nombre con más significado histórico que físico, herencia indudable de la teoría del "calórico", en la cual se pensaba que el calor podía ser almacenado. ¡Nada más erróneo! El calor es una forma de --- energía entránsito, imposible de almacenar; solo puede existir en transferencia de un sistema a otro; cuando deja de fluir, deja de existir; tan pronto cruza la barrera de un sistema deja de ser calor para convertirse en alguna otra forma de energía, - por ejemplo interna, en el caso del vapor de agua, y el término "latente", da idea de almacenamiento, reserva o depósito que puede utilizarse a voluntad. La denominación ^{correcta} es "energía de transformación", que generaliza cualquier cambio de fase y no es especial el de evaporación.

4. CALDERAS "PAQUETE"

Las calderas tipo "paquete", cubren una amplia gama de necesidades industriales, desde unidades de algunos caballos caldera, - útiles para propósitos de calefacción, hasta las unidades de diseño reciente con capacidades de hasta 60000 kg/hr a 110 bars - de presión y temperaturas de 480 ° C.

Esta capacidad puede aplicarse a cualquier necesidad de la industria mediana y pequeña, desde un simple proceso hasta la generación de su propia energía mediante combinaciones híbridas - de generación - proceso con turbogeneradores de contra presión (ver ilustraciones)

Las calderas paquete se subdividen, por su construcción, en dos tipos :

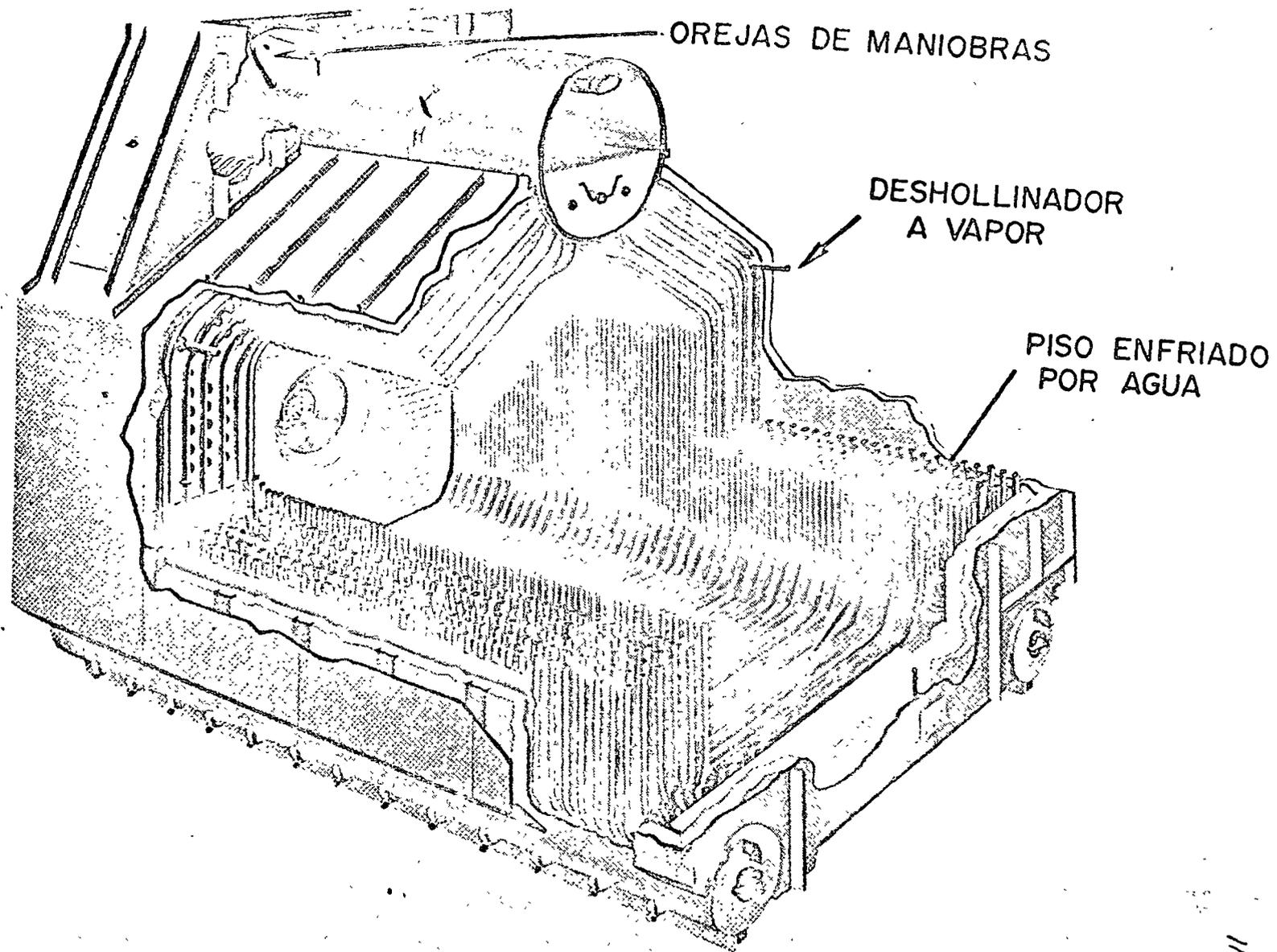


Fig. 4.1

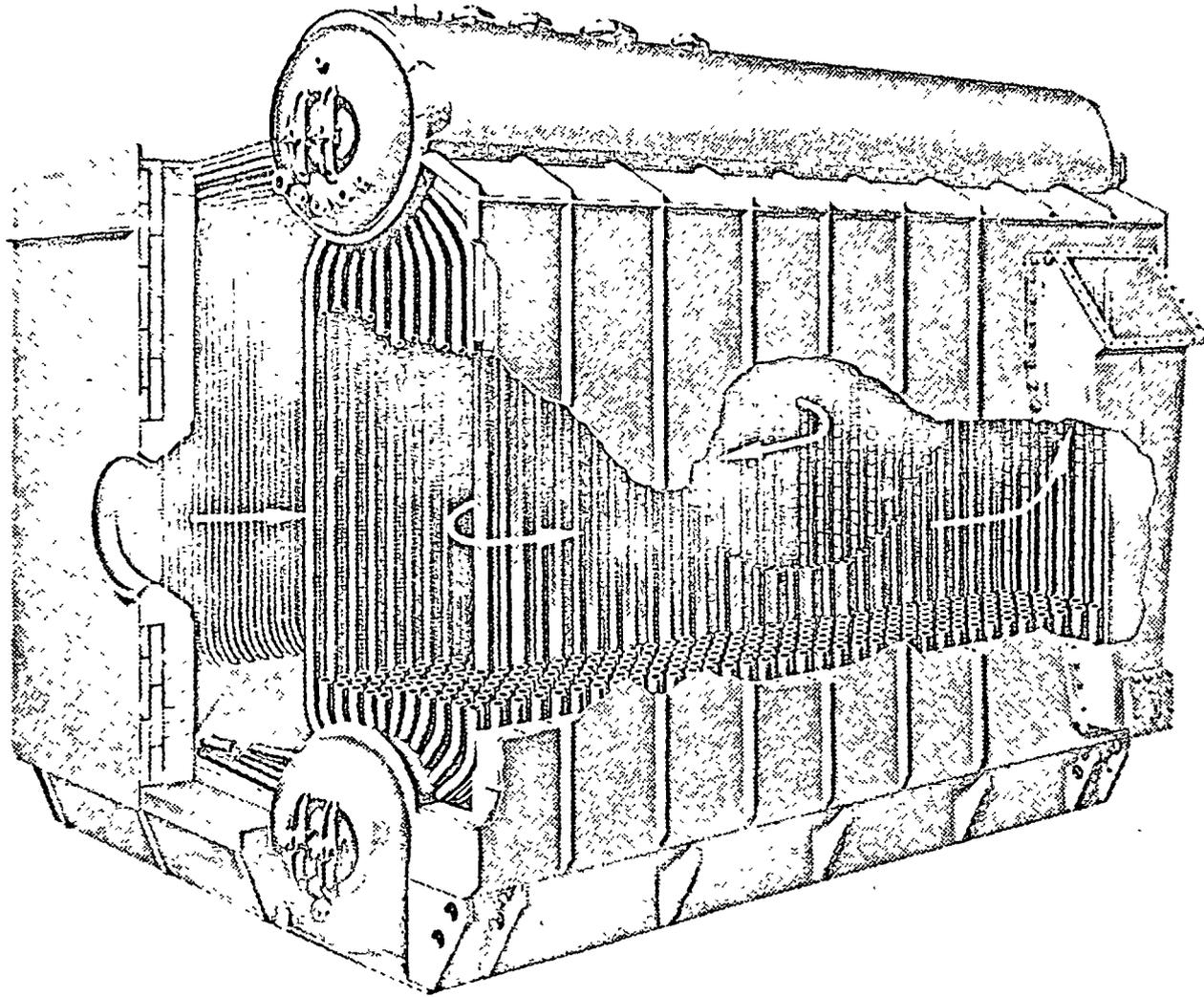


Fig. 4.2

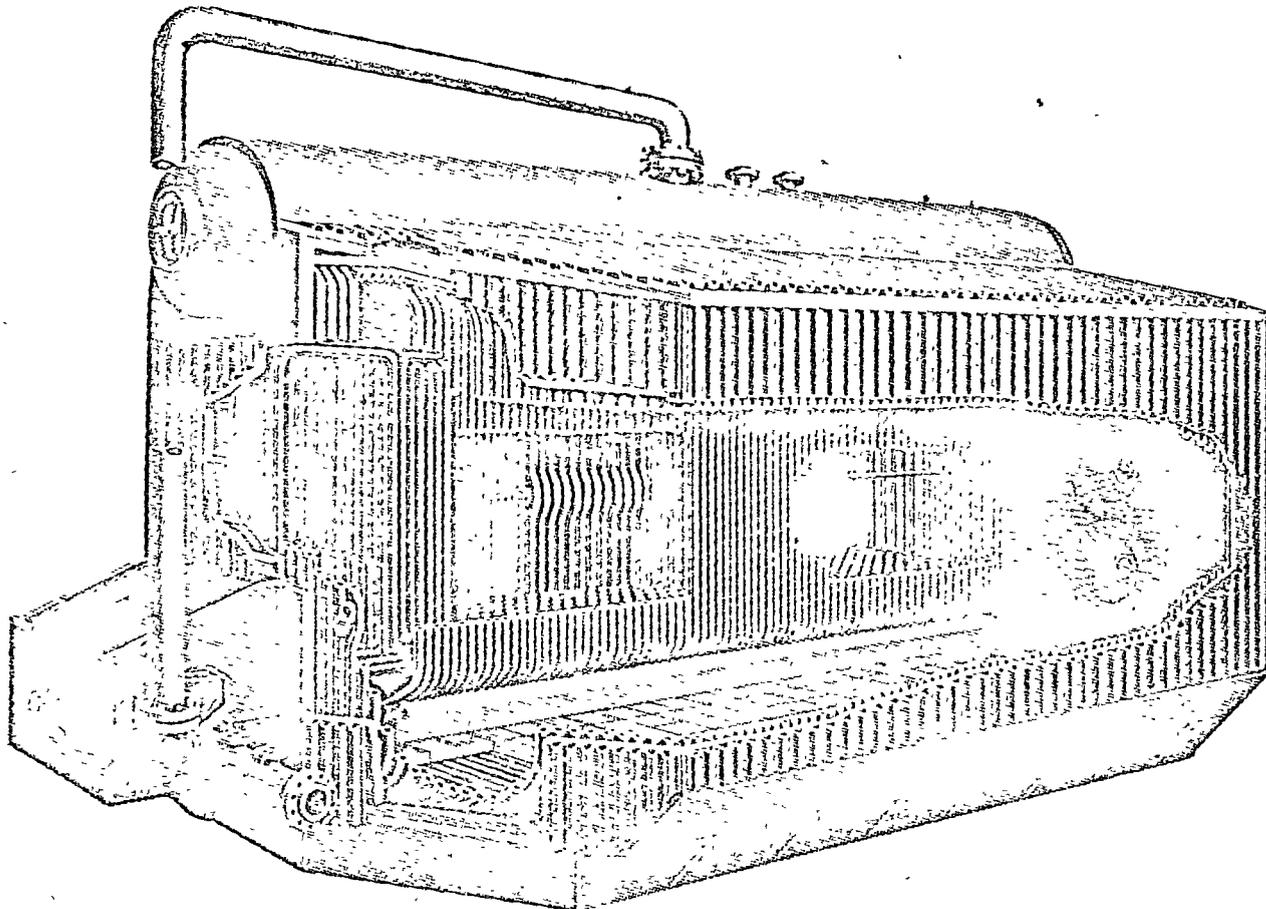


Fig. 4.3

Calderas Paquete

- 1) Tubos de humo (ignestubulares)
(hasta 700 c.c.)
- 2) Tubos de agua (aquatubulares)
700 c.c. $P \leq$ 60,000 kg/hr.
110 bars, 480 °C

5. CALDERAS INDUSTRIALES

Diseñadas para industria de cierta importancia, o aplicación específica, su capacidad puede variar de 10,000 kg/hr a 500 Ton/hr. de vapor con presiones del orden de 120 bars y temperaturas de 540 °C. Sus aplicaciones van desde la incineración de basura hasta la generación de energía eléctrica, pasando por incineración de gaza, de corteza de madera, de desperdicios, en procesos tales como los de la Industria papelera que inclusive merecen un tratamiento aparte (ver ilustraciones).

a) Calderas de recuperación química

Como su nombre lo indica, este tipo de caldera no tiene como objetivo fundamental generar vapor. Curiosamente, - en este proceso, muy empleado en la industria papelera, - el vapor es solo un subproducto, teniendo como función principal, recuperar sustancias químicas inorgánicas. (Figs. 5.1.1 y 5.1.2).

BIBLIOGRAFIA:

- [1] C.W. REYNOLD, THERMODYNAMICS, 2nd. ED., Mc. GRAW HILL BOOK Co., (1968).
- [2] Combustion Engineering, Inc., Combustion Engineering, rev. edition 2nd. impression, (1966).
- [3] The Babcock & Wilcox Co., Steam, Its Generation & Use, -- 37 th. Ed., 5th. Printing, (1963).

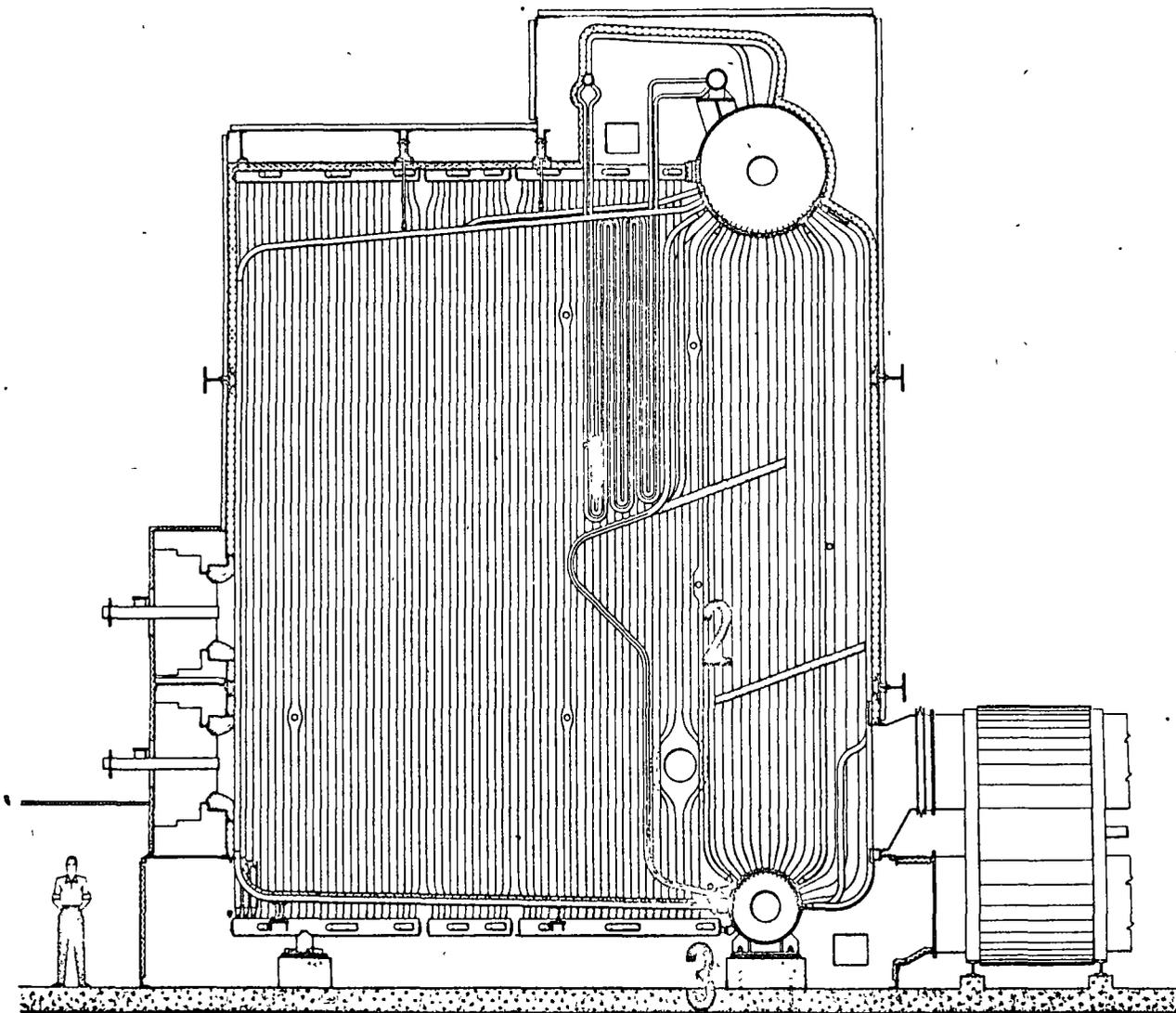


Fig. 5.1

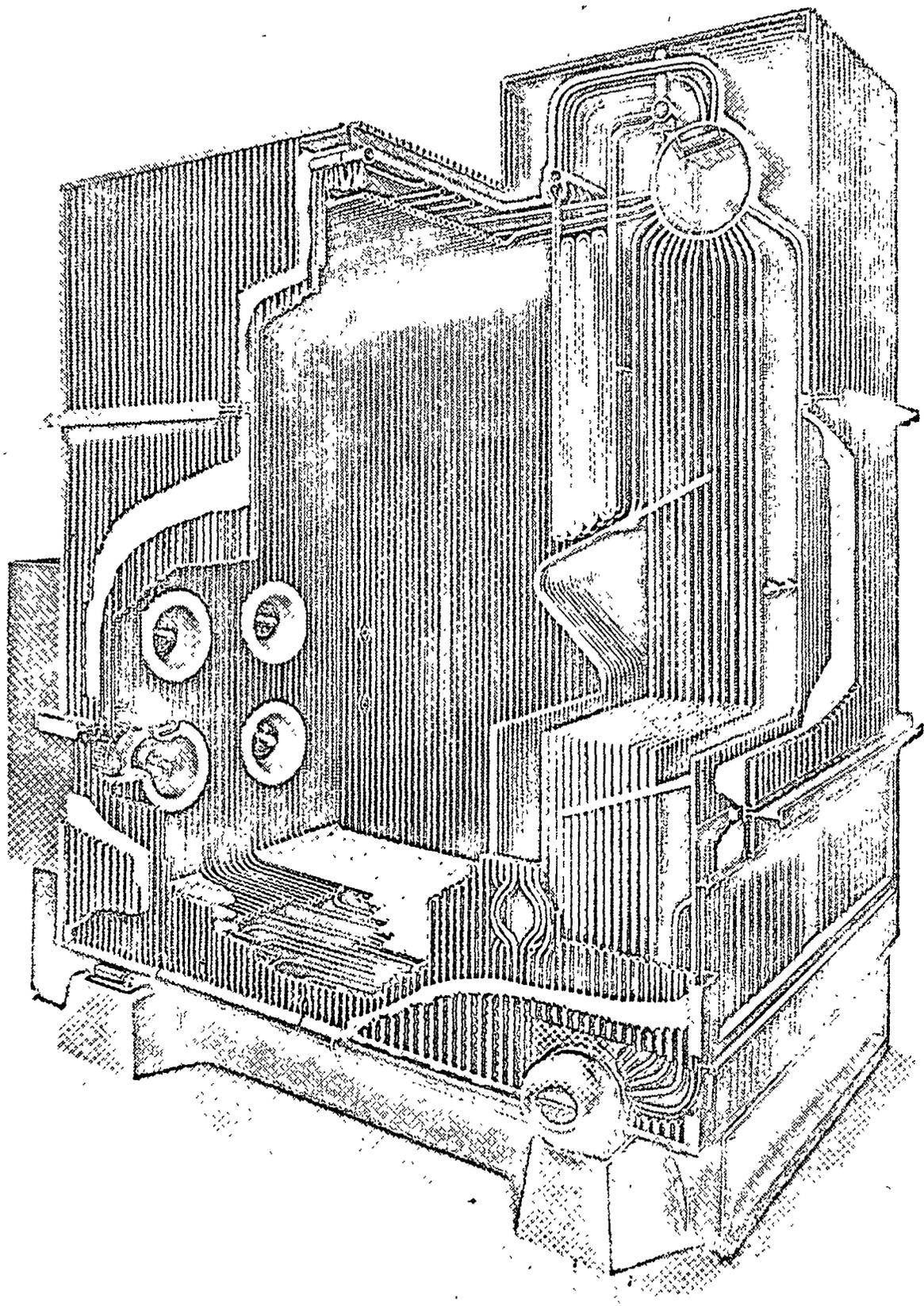
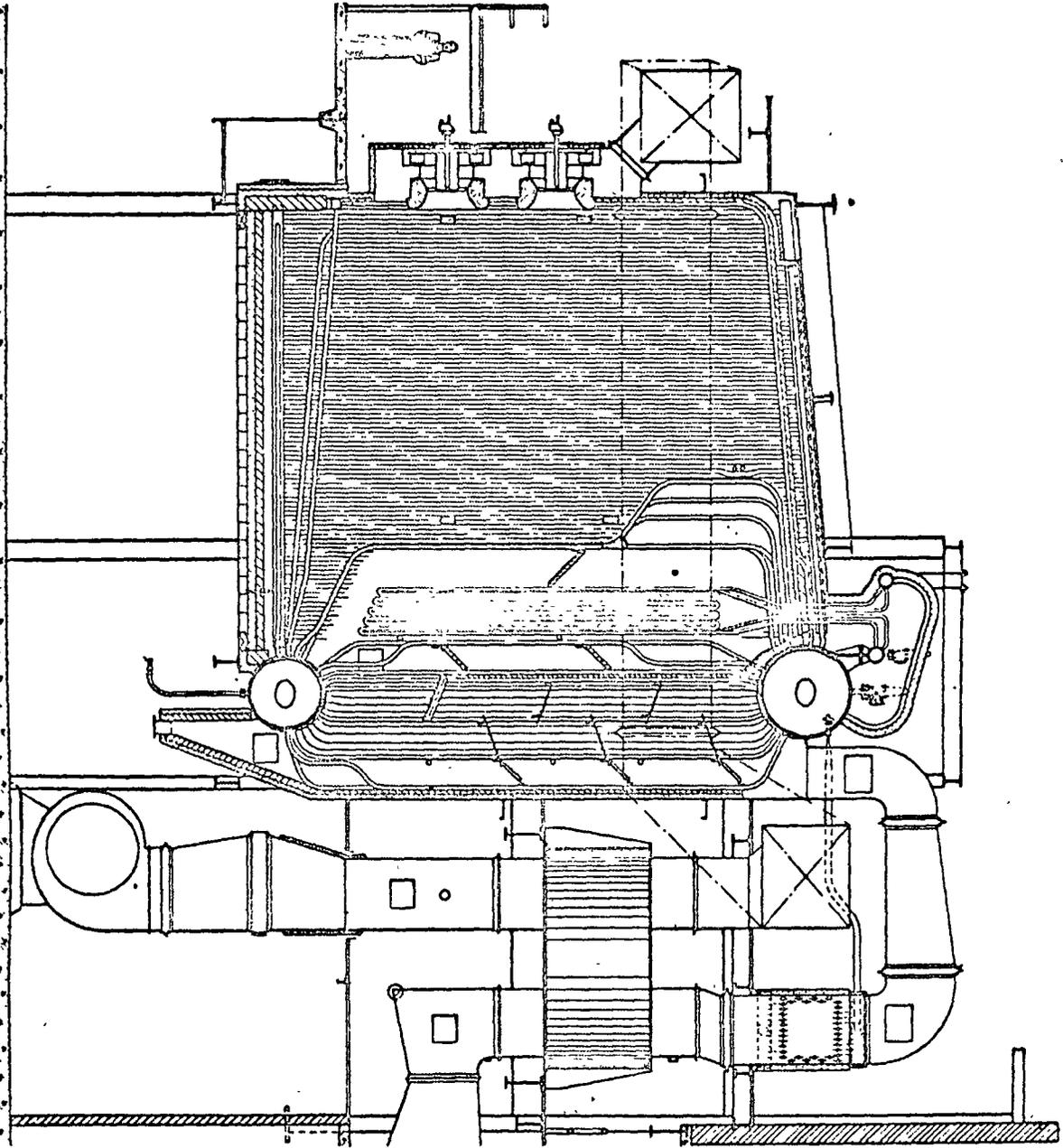


FIG. 5.2

FIG. 5.3



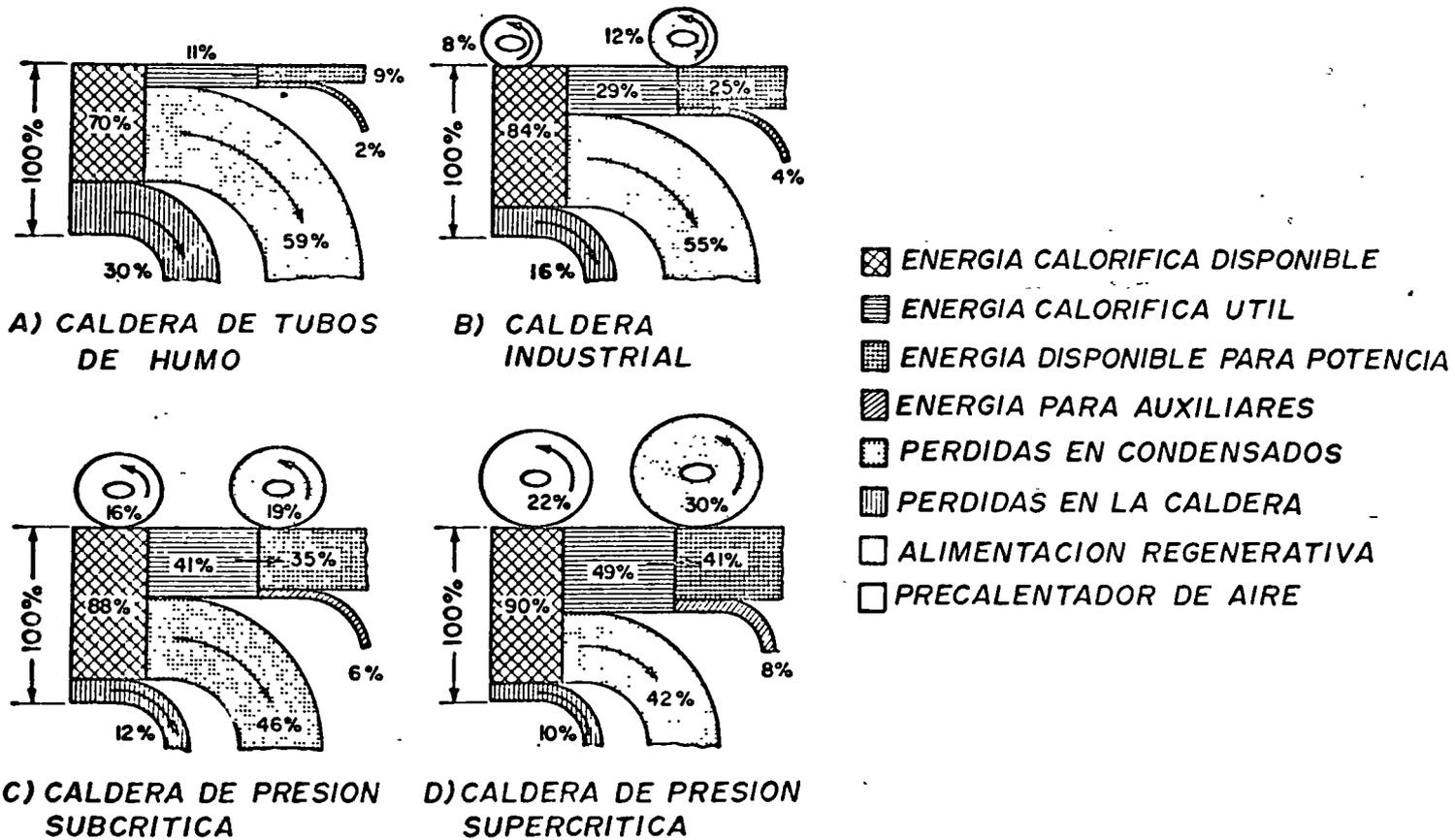


Fig. 5.3

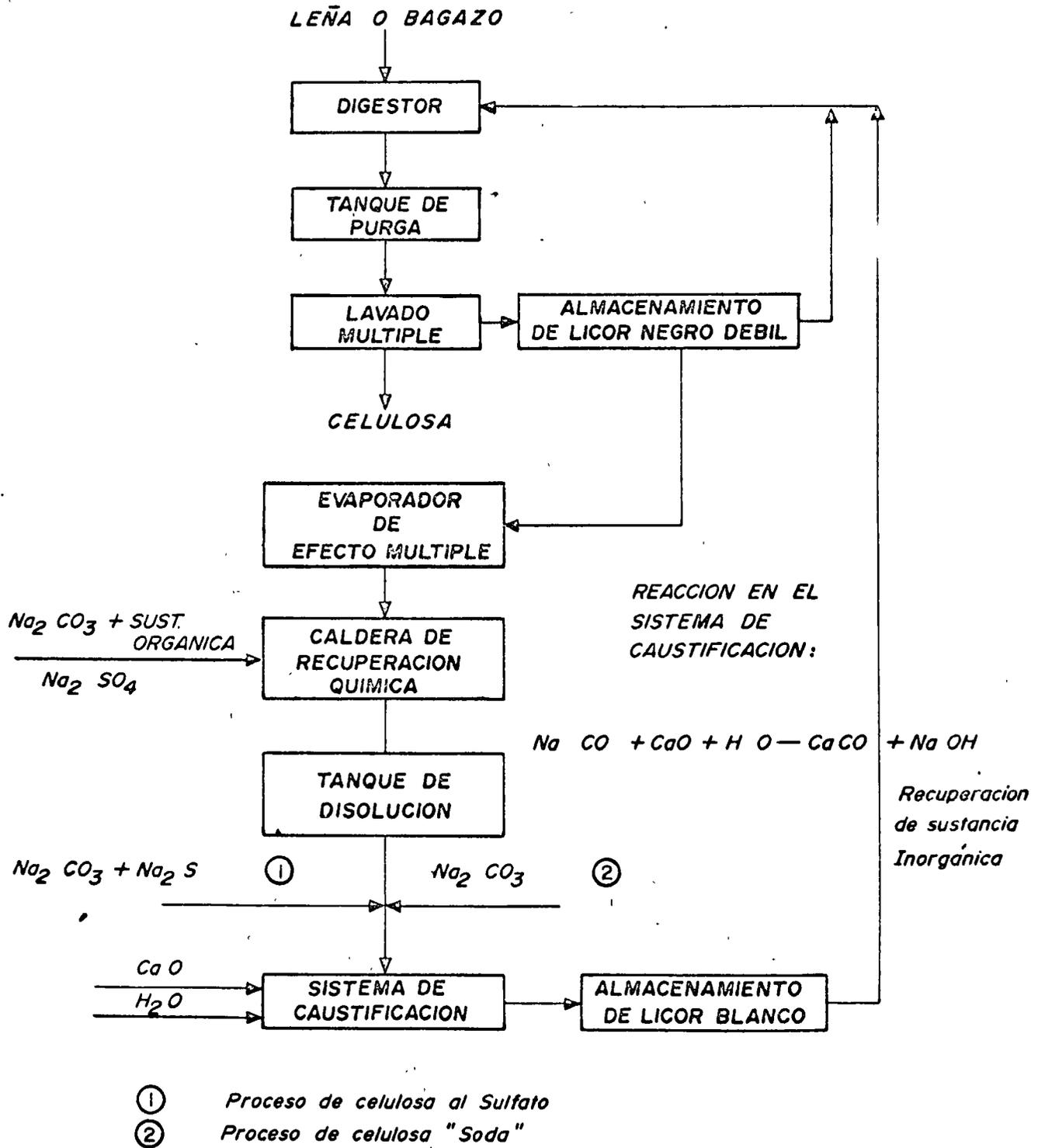


Fig. 5.4