

PROCEEDINGS OF THE NATIONAL

ACADEMY OF SCIENCES

AND ARTS

ETAPAS DE LA CREACION DE LA MAQUINA

Según el diccionario de la lengua española, "proyecto" es el "conjunto de escritos, cálculos y dibujos que se hacen para dar idea de cómo ha de ser y lo que ha de costar una obra de ingeniería".

De acuerdo con esta definición, es evidente que idear, trazar y disponer o proponer el plan y los medios para la ejecución de una máquina o aparato, es elaborar un proyecto.

Evidentemente incluye todos los trabajos implicados por la creación mecánica, salvo, como es obvio, aquellos relacionados con la materialización de la cosa ideada.

Tal es el sentido de la palabra proyecto en el lenguaje común. Sin embargo, al pasar al lenguaje profesional especializado, y con particular referencia a la creación mecánica, conviene destacar que se le atribuye un significado de alcance más restringido.

Esta restricción es originada por la existencia de la palabra "diseño" que significa la "traza o delineación de una figura".

Proyecto y diseño son dos palabras cuyos sentidos dentro del lenguaje común parecen extremos opuestos, tendiendo inconvenientemente con respecto al lenguaje técnico especializado y por razones distintas, a ocupar toda la extensión de un mismo y complejo concepto. La primera debido a que en el lenguaje común involucra la totalidad del trabajo de creación, la segunda porque parece evocar la parte más aparente del mismo, donde el autor puede destacar artísticamente si cabe los verdaderos valores intrínsecos del objeto.

Técnicamente la limitación entre proyecto y diseño

debe buscarse distinguiendo en cada paso del desarrollo, lo exacto y cuantificable por medio de métodos precisos, de lo imponderable o sujeto a la apreciación personal del creador, y ello sin considerar si se trata de una exigencia tecnológica, comercial, estética o de cualquier otra índole.

Según este criterio, proyectar es: aplicar una ley física o geométrica, un procedimiento tecnológico preciso, o en general, una regla formalmente exacta que contenga cierto fundamento racional a fin de establecer una dimensión o determinar una forma del objeto.

Consecuentemente, diseñar es completar las formas del objeto por apreciaciones puramente subjetivas de las necesidades originadas por diversos factores concurrentes y establecer sus dimensiones por estimación directa. Operación que resulta invariablemente acompañada del simple acto de dibujar.

III
2

La creación de objetos mecánicos destinados a la producción en masa culmina con la determinación de las formas de cada una de las partes y la forma del conjunto. Su mayor dificultad reside en conciliar del mejor modo posible las múltiples y muy a menudo opuestas exigencias que surgen del estudio de los diversos problemas que se presentan durante su desarrollo, los cuales por su naturaleza pueden ser, funcionales, tecnológicos, comerciales, económicos, estéticos, psicológicos y ambientales.

No existe objeto mecánico alguno que pueda ser determinado totalmente hasta el grado necesario, previo a la fabricación, por métodos

exactos. Por lo tanto, en toda creación mecánica debe intervenir en algún grado lo que aquí se entiende por diseño, y en mayor proporción relativa a la totalidad del trabajo cuanto más elemental sea el objeto.

En lo sucesivo se entenderá por "proyectista" al principal responsable de la creación, siendo no obstante, el que en la mayoría de los casos, realiza también el diseño.

Dejando de lado la terminología y yendo a los aspectos sustanciales de la creación mecánica, admite que ésta puede considerarse siempre bajo dos aspectos característicos: proyecto y diseño. Sin embargo, comprendido dentro de lo que se entiende por proyecto, se encuentran los trabajos previos de información y preparación, que conviene separar denominándolos "ante-proyecto".

Luego la labor intelectual de creación de una máquina o aparato puede presentarse al conjunto dentro de un todo dividido en tres etapas: ante-proyecto, proyecto y diseño. Estas a su vez pueden subdividirse en grupos, según la distinta naturaleza de las determinaciones, quedando como puede apreciarse en el cuadro sinóptico I-I.

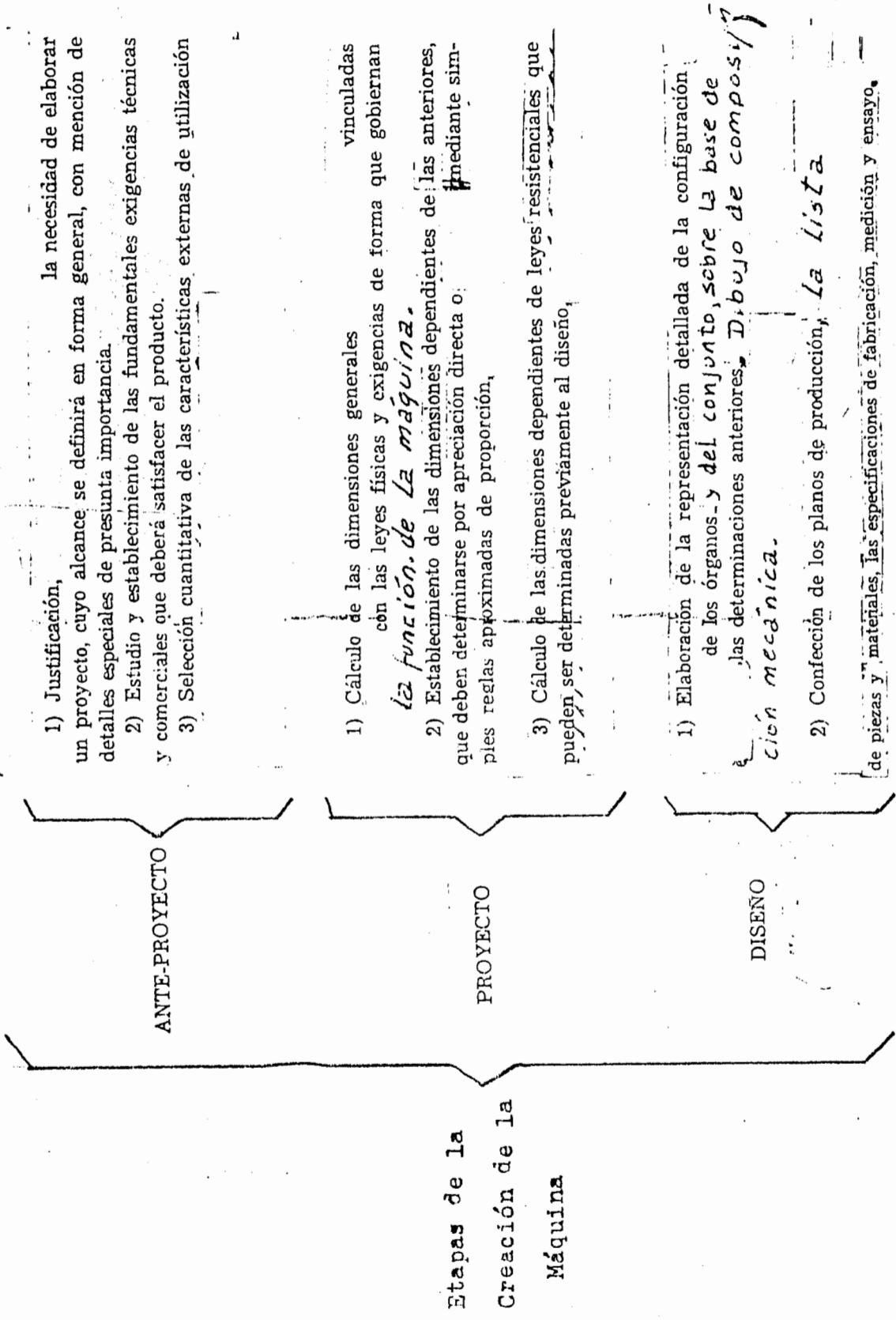
Cada tipo de máquina exige un determinado método de cálculo de acuerdo a su teoría, y cada proyectista lo empleará tal cual, o lo modificará adaptándolo a su particular entendimiento.

Dicho método de cálculo predeterminará en cierto grado el orden de los primeros pasos a seguir. Cada condición de forma o dimensión agregada al proyecto, va reduciendo lógicamente la cantidad de elementos por conocer; luego, a medida que cada punto es solucionado habrá menor libertad para resolver cual ha de ser el siguiente.

En otras palabras, se va creando cierto determinismo en el orden que, sin ser absolutamente rígido, decide con aproximación cuál ha de ser el paso siguiente.

Podría resultar de esta manera que los puntos sucesivamente resueltos no permitan establecer una separación clara entre los distintos grupos de trabajos, y que asimismo el orden general resultante no se ajuste precisamente al aquí establecido como tipo.

Sin embargo, dejando de lado la cuestión del ordenamiento que es puramente formal y carente de verdadero interés, puede decirse, que el conjunto de trabajos que necesariamente deben efectuarse, siempre podrá encuadrarse aproximadamente dentro del esquema expuesto.



Etapas de la
Creación de la
Máquina

JUSTIFICACION DE LA NECESIDAD DE ELABORAR

UN PROYECTO

Las funciones o aptitudes externas del producto son la razón de su uso, y antes de ser concebido este deben ser planteadas como condiciones necesarias que el diseño debe satisfacer. Todos los órganos, su articulación cinemática, los principios físicos involucrados, su forma exterior, y en fin, todo lo que es el producto, *si se* para poder lograr esas características de aplicación que son el objetivo final verdadero del diseño.

Sin embargo, no es posible limitar las condiciones del diseño exclusivamente a consideraciones puramente técnicas. El producto debe ser comercializado, es decir ofrecido en venta, y por lo tanto sometido al juicio crítico del probable cliente que hará su elección dentro de las alternativas representadas por el conjunto de los productos similares ofrecidos en el mercado.

Por ello, a las condiciones fundamentales específicamente técnicas impuestas al producto deberán agregarse otras no necesariamente técnicas ni fundamentales, pero precisamente pensadas en función de la particular idiosincrasia del sector de clientela que se pretende captar.

La importancia asignada a los detalles de segundo orden por los agentes comerciales se justifica plenamente.

Tratándose de máquinas o aparatos que funcionan con principios muy conocidos y ofrecidos por diferentes fabricantes de igual prestigio, el cliente presume que, debido a la competencia de precios, no pueden existir entre ellos importantes diferencias originadas por la mayor o menor bondad de los diseños. En consecuencia, se inclina con bastante razón, a reorientar su juicio principalmente sobre la base del precio y de detalles de segundo orden que puede apreciar mejor con relación a su particular conveniencia y que influyen decisivamente en su ánimo.

En un mercado de libre competencia, el cliente es el árbitro del éxito comercial; con su compra indica su preferencia, que otorga después de confrontar, ~~de acuerdo a~~, las alternativas ofrecidas con sus necesidades.

De lo dicho se desprende que cualquier proyecto de fabricación debe incluir indefectiblemente un estudio detallado y exhaustivo tendiente a fijar, cualitativa y cuantitativamente si cabe, el conjunto de todas estas características, por cuanto de su exacta concordancia con las condiciones del mercado comprador dependerá el éxito en la venta. La inobservancia o la negligencia en la aplicación de esta regla, puede ocasionar el fracaso comercial de un producto, aunque posea encomiables características técnicas.

Con frecuencia las propiedades de fabricación provienen de hombres mejor preparados para juzgar los asuntos comerciales que los técnicos. Es natural que así suceda, pues mejor podrá verse y comprenderse acertadamente un negocio quien desarrolla sus actividades en un ambiente dedicado a cotear precios, calidades y técnicas de producción industriales, que aquel que vive pensando exclusivamente en el aspecto teórico de los mismos.

Claro está que las iniciativas de las oficinas deben sujetas a confirmación o variaciones por obra de un posterior y más detallado análisis realizado consultando la opinión de los técnicos.

Un proyecto que cometa defectivamente con una razonable base de perspectivas comerciales, tiene mucha mayor probabilidad de resultar benéfico que otro en el cual ese aspecto resulta imprevisible en la primera fase de su desarrollo.

Se estiman las actividades que deberán manufacturar, el tipo de clientela y su poder de compra y por lo tanto el costo total a que debe fabricarse el producto, todo lo cual determina el grado de calidad y fija indirectamente la libertad con que puede trabajar el diseñador en la búsqueda de soluciones.

Es evidente que

antes de llegarse a la etapa de elaboración técnica del proyecto, la idea artística, debe haber sido larga y minuciosamente estudiada en el plano económico-financiero, apreciando cuidadosamente su oportunidad dentro del plan general de desenvolvimiento de la empresa.

Todas las consideraciones hechas sobre el análisis del mercado, la situación de la empresa dentro del mismo, los problemas de la distribución, venta y propaganda, y sobre todo la financiación del producto que se pretende fabricar, constituyen la parte económica del proyecto, preámbulo ineludible de la parte puramente técnica.

De este preámbulo, preparado y escrito por la dirección de la empresa, es de donde la gerencia técnica debe extraer en forma condensada y clara la idea de la máquina o aparato que se pide proyectar. Se tomará nota de sus funciones específicas, de sus cualidades particulares recomendadas, de las referencias comparativas ofrecidas, y de todas las exigencias comerciales que deben presuntivamente respetarse.

El documento que resulte de este desglose constituye el punto de partida del ante-proyecto, el cual se hará llegar a la oficina técnica junto con el orden de comenzar los trabajos.

ESTUDIO Y ESTABLECIMIENTO DE LAS FUNDAMENTALES EXIGENCIAS TÉCNICAS Y COMERCIALES DEL PRODUCTO

Esta segunda parte de la labor iniciada, estará a cargo de un solo proyectista o bien de un equipo. Consistirá primeramente en un análisis muy escrupuloso y detallado del documento recibido a fin de interpretar con la óptica particular de su especialidad la idea propuesta, solicitando a la gerencia todas las aclaraciones que se consideren pertinentes.

Debe prevalecer en esta tarea una actitud de estricta objetividad libre de prejuicios, tratando de ver el problema desde el punto de vista ajeno. De esta inquisición se obtendrá numerosos datos, de cuya naturaleza trata a continuación de dar una idea.

Referencias directas

a) Denominación corriente. — Se establece la denominación técnica, distinguiendo claramente el tipo de máquina o aparato dentro de su clase, lo mismo que su denominación dentro del comercio, si ésta fuese distinta.

Tratándose de un producto de constitución muy diferente de los de similar aplicación corriente, o de aplicación original y técnicamente desconocida aún por el público, se lo designará con una frase corta que resuma su principal atributo o característica o con un neologismo técnico apropiado.

b) Descripción de su aplicación. — Se procurará distinguir de modo objetivo y claro la naturaleza y aplicación de la máquina o aparato, y del conjunto, sistema o ambiente al cual deberá ser acoplada o con el cual deberá trabajar coordinadamente, destacando claramente su importancia con respecto al resto.

c) Características externas funcionales cuantitativas. — La función externa de toda máquina o aparato, casi siempre puede precisarse en términos ponderables que evidencian el tipo a que pertenece dentro de su especie. Debe destacarse que esta apreciación numérica no tendrá probablemente carácter definitivo, debiendo tomarse en tal caso como una indicación del orden de los valores, dentro del cual se situarán aquellos definitivos que deberán obtenerse de un estudio posterior.

Puede suceder que en ciertos casos se prescinda deliberadamente de toda indicación al respecto, dejando al proyectista el cuidado de efectuar dichas determinaciones.

d) Características constitutivas particulares. — Mención de las características especiales de principio, de detalle o estéticas, que se imponen ineludiblemente o se sugiere adoptar. Estas podrán concordar con la práctica corriente, o constituir francas innovaciones basadas en necesidades de interés comercial.

III
7

6

Los principios de funcionamiento que se pide adaptar, pueden hallarse protegidos por patentes de invención de propiedad de la empresa. Una copia de los títulos de propiedad de cada una de ellas ilustrará al proyectista acerca de la naturaleza de los inventos desde el punto de vista legal, sin perjuicio —como sucede casi siempre en tales casos— que se le suministre otros datos técnicos complementarios.

El conjunto de esta heterogénea información permitirá al proyectista aquilatar el grado de apartamiento deseado de la práctica corriente, orientando la búsqueda de su inspiración en determinado sentido.

e) **Cantidad de unidades.** — Dato importantísimo que resulta del enfoque comercial y financiero del plan de fabricación. Modificarlo no es atribución del diseñador, siendo una condición impuesta que resulta de la natural subordinación de lo técnico a lo económico.

La cantidad de unidades a producirse puede ser presentada de tres modos:

- 1º: cantidad de unidades total y definitivamente limitada a producirse dentro de un período fijado.
- 2º: cantidad de unidades mensuales a producirse durante un período prolongado, cuyo fin no puede preverse actualmente.
- 3º: cantidad de unidades total provisoriamente limitada, que deberá producirse dentro de un período fijado, pero que probablemente será incrementada durante el curso de la fabricación, o repetida al fin del período.

El volumen total de la producción es un elemento que como se verá oportunamente, puede decidir absolutamente cuál ha de ser el sistema constructivo más conveniente, o por lo menos cuáles son aquéllos que deben descartarse por la incidencia del equipo y herramientas de producción, en el costo de cada unidad.

f) **Costo.** — Constituye una limitación absolutamente insalvable de la labor creadora, pues casi siempre los detalles tendientes a mejorar funcional y estéticamente un diseño se hallan supeditados al costo. Es esencial por lo tanto, fijar definitivamente el máximo costo unitario directo total admitido, el cual se tomará como patrón de medida indirecto de la calidad mecánica.

En caso de que esta información no figure en forma explícita, deberá ser reemplazada por una norma a seguir claramente establecida.

Referencias indirectas

g) **Productos competidores.** — Se ha supuesto que la propuesta de fabricar un objeto tiene origen comercial, luego aquellos productos ya

existentes en el mercado que la gerencia señala al proyectista con los fines competidores, son indudablemente la base de la concepción definitiva del caso muy poco frecuente de que se trate de principios de funcionamiento totalmente nuevos.

Se deberá tomar buena nota de ellos, suministrándolos por la mano modelo y precio de venta, extrayéndose además toda la documentación impresa que se acompañe, folletos, catálogos de piezas gráficas de funcionamiento etcétera.

Estos elementos se ofrecen para ayudar al proyectista a componer el mejor posible del pensamiento de los autores de la propuesta, ilustrándolo objetivamente.

Si esta ha sido muy elaborada, probablemente aparezcan diversos complementarios agregados a la mención de dichos productos, los que podrían ser simplemente ilustrativos, o restrictivos en cuanto a la libertad de diseño.

h) **Tipo de clientela.** — El cliente, o sea el comprador de la producción, puede no ser precisamente el usuario. En tal caso, interesa ubicar, no solamente los gustos y la psicología de ambos aisladamente, sino también la relación comercial que los liga y sus intereses respectivos.

En realidad, dentro de un mercado de libre competencia quien da el veredicto final sobre la calidad es el usuario, que resulta en última instancia el verdadero cliente. Aunque éste se confunda con la empresa, ésta tiene un gusto y un poder de compra perfectamente determinables entre límites estadísticos, lo cual no podrá ser ignorado, so pena de un seguro fracaso a corto o largo plazo.

Haya o no intermediarios, es el usuario, último destinatario del producto y verdadera razón de ser de las empresas, con quien habrá de enfrentarse imaginariamente en todo momento el proyectista.

Entre la documentación que la dirección de la empresa pondrá a disposición del proyectista figurará probablemente un estudio del mercado comprador, el cual incluirá muchas referencias importantísimas para determinar los gustos y tendencias que deben explotarse, a fin de conquistar la máxima fracción del conjunto de los clientes potenciales.

i) **Sistema de producción.** — La producción en masa puede organizarse siguiendo dos sistemas distintos: por lotes, en serie; y además de acuerdo a un arreglo mixto, combinación de ambos.

Existe un modo muy generalizado y casi tradicional de disponer el equipo de producción. Consiste en agrupar juntas o en una misma sección, las máquinas herramientas que efectúan trabajos de una misma clase o similares.

Las fábricas cuyo equipo está dispuesto de este modo deben organizar necesariamente su producción según el sistema denominado "por lotes".

10

La producción es continua y en su elaboración sucesivamente se pasa de una serie a otra de la fábrica, siguiendo las exigencias de la serie de operaciones que debe sufrir, y de acuerdo a las distintas máquinas o procesos particulares, los que se hallan agrupados por clase, independientemente de toda otra consideración.

El otro sistema de producción posible es el llamado de "producción en serie". Parte de un principio diferente, cuyo desarrollo permite la máxima racionalización técnica y un máximo aprovechamiento económico.

El principio de la producción en serie se basa en que la disposición de la maquinaria dentro de la fábrica se halla directa y absolutamente subordinada a la serie y secuencia de las distintas operaciones que debe sufrir el material durante el curso de su transformación.

Cada máquina se preparará para efectuar de manera continua y permanentemente la operación o grupo de operaciones previsto, de manera que cada "línea" de máquinas suministre un flujo uniforme de piezas iguales.

Las características salientes del sistema son: el bajo costo de producción por reducción del tiempo unitario total de mecanización, y la menor inversión de capital circulante en forma de materia prima, debido a la disminución al mínimo del "stock" necesario en fábrica.

Sin embargo, estas ventajas tienen su contrapartida en el hecho de requerirse una considerable inversión de capital fijo en máquinas de producción altamente especializadas, del cual sólo pueden derivarse rentas razonables mediante una gran masa de producción.

La mayoría de las industrias metalúrgicas livianas, no pudiendo por diversas razones adoptar extensivamente este sistema, han optado por un arreglo mixto, fabricando las piezas lo más racionalmente posible por lotes, y organizando el montaje en líneas donde se aplican rigurosamente los principios de la producción en serie y de los métodos de trabajo.

j) Equipo disponible. — Puede suceder.

que se imponga como condición ineludible que el diseño se adapte a las posibilidades ejecutivas del equipo de fabricación de una determinada planta industrial existente.

En casos más afortunados para el proyectista, la empresa puede sentir, si la importancia económica del proyecto así lo justifica, en renovar parte de la maquinaria existente o agregar otras unidades más afines con las nuevas necesidades.

Muy raras veces, y sólo en los casos de gran envergadura comercial, en los que se implanta la producción en serie el proyectista queda en absoluta libertad para trabajar sin sujeción a un equipo de fabricación determinado. Se comprende fácilmente la importancia que reviste aclarar esta cuestión, que afectará las características del diseño desde el punto inicial de su concepción.

11

k) Plazo de ejecución. — Este es un asunto que generalmente origina dificultades de orden personal. La gerencia, movida por las exigencias financieras y comerciales, lógicamente querrá, que el proyecto se realice en el más breve plazo posible. En cambio el proyectista que sabe muy bien que de nada valdrá frente a la crítica aun de los mismos que lo apuran el argumento de haber dispuesto de muy poco tiempo para estudiar las soluciones, tratará que se le conceda el máximo plazo.

No se puede influir con medios administrativos sobre la "rapidez" con que el proyectista recibe la inspiración. Se puede apresurar la búsqueda de la información, mejorar la coordinación de los colaboradores y abreviar el tiempo de ejecución de los planos, pero es absolutamente imposible reducir el tiempo efectivo que requiere la elaboración mental de las ideas. Con respecto a esto último, cada individuo tiene su "ecuación personal" que no conviene presionar demasiado.

Hasta aquí se ha pasado revista de los datos más importantes que presuntamente pueden extraerse de la información escrita y verbal suministrada por la gerencia.

Con este cúmulo heterogéneo de información se confeccionará un listo de todos aquellos datos que la gerencia imponga como condición ineludible, y se hará lo mismo con todos los demás, cuya consideración o acoplación queda al arbitrio del proyectista, manteniendo siempre la distinción entre las referencias directas y las indirectas. Además, a estas listas el proyectista agregará por su cuenta todas aquellas ideas complementarias que se le ocurran, sin preocuparse por el momento de analizar su viabilidad. Quedará de esta manera en posesión de suficientes elementos de juicio para apreciar el objetivo propuesto en primera aproximación, y de orientar la búsqueda de la documentación técnica. La documentación técnica consiste en: libros especializados, publicaciones de sociedades científicas, artículos de revistas técnicas y comerciales, catálogos de productos similares, manuales de reparaciones, folletos comerciales, catálogos de partes y accesorios comerciales de probable inclusión en el diseño, normas nacionales y extranjeras, y patentes de invención.

Es indispensable conocer el grado de proximidad del objeto con otros productos en explotación protegidos por patentes de invención y también con aquellos aun no explotados comercialmente pero todavía amparados por la ley, a fin de no invadir involuntariamente los derechos de terceros.

En casos de duda sobre el alcance de dichos derechos conviene solicitar al asesoramiento de especialistas en la búsqueda y tramitación de patentes.

SELECCION CUANTITATIVA DE LAS CARACTERISTICAS EXTERNAS DE UTILIZACION

Como ha podido apreciarse, hasta aquí los estudios han sido exclusivamente de carácter indagatorio y las apreciaciones puramente cualitativas. Llegado a este punto, el proyectista se halla plenamente posesionado de la idea del proyecto. Conoce perfectamente los productos con los cuales su futura creación deberá competir, en precio, características constitutivas y prestigio comercial, y por el estudio realizado habrá decidido (provisoriamente) cuáles serán los detalles usuales que mantendrá y qué innovaciones adoptará.

Corresponde tratar ahora una cuestión principalísima, de cuyo acierto en la solución dependerá sensiblemente el mayor o menor éxito comercial. La fijación de los valores que caracterizan la máquina o aparato desde un punto de vista externo, con respecto a su aplicación como parte constitutiva de otros, o con respecto a su empleo aislado.

El estudio preliminar remitido por la gerencia contendrá seguramente un grupo de valores que el proyectista deberá estudiar y confirmar o proponer su modificación si lo cree conveniente, siempre que se le conceda la libertad de hacerlo. Esta restricción tal vez no obedezca a una decisión arbitraria de la gerencia. Pueden existir ciertas causas que obliguen a ello, entre las cuales podemos citar los de origen no precisamente técnico los convenios entre fabricantes y las escalas de impuestos fiscales y de derechos aduaneros. Fuera de éstas, las demás caerían en la esfera de acción del proyectista.

Además de los elementos de juicio con que este ya cuenta, deberá procurarse las normas que pudieran existir, y el conocimiento de la práctica usual en la especialidad.

La confirmación de los valores propuestos de la capacidad de la máquina se obtendrá estudiando primeramente la hipotética conveniencia de incrementarlos.

Con esto se lograría tal vez una pequeña ventaja sobre la competencia, siempre que el incremento de costo correspondiente no influya contrariamente en el ánimo del cliente. En favor de este planteo debe observarse que de los elementos que componen el costo solamente se verían ligeramente afectados el tiempo unitario de mecanización (distinto del tiempo unitario de manipulación que permanecería constante) y el peso de la materia prima, los cuales por otra parte inciden en una fracción del costo unitario total. Pero no solamente basta con examinar la posibilidad de un incremento de la capacidad; es necesario también plantear la alternativa

Una vez en posesión de todo el conjunto de la información suministrada, se procederá a su examen detallado del cual surgirá el concepto definitivo del objetivo perseguido por los proponentes. Su estudio minucioso, completo y exacto permitirá contestar ya con certeza a la pregunta: ¿De qué se trata? Y su clara y precisa dilucidación confirmará si el tipo de máquina o aparato que se ha propuesto diseñar, ha sido acertadamente señalado por la gerencia.

La importancia de esta cuestión es fundamental. Sucede a veces que quienes solicitan el proyecto y diseño de un determinado tipo de máquina no plantean la cuestión racionalmente ya sea, por precipitación o por falta de preparación especial. En vez de suministrar los elementos destinados a fijar el objetivo de la propuesta, se limitan a indicar el medio de lograrlo, confundiendo el enunciado del problema con una de sus presuntas soluciones.

Por ello es que será muy previsor, cuando se trate de solicitar información sobre productos competidores, no descartar aquellos que si bien no funcionan en base al principio propuesto, cumplen idéntico o parecido servicio. Estos serán cuidadosa y comparativamente examinados desde el punto de vista del usuario, con respecto a la función desempeñada, para verificar si sus ventajas no son superiores a las de tipo propuesto.

Suponiendo que la gerencia haya orientado con acierto el proyecto hacia una especie de máquina confirmada por los estudios preliminares, corresponderá efectuar una depuración y ampliación de la lista de detalles y datos que deberán observarse durante el diseño tratando de armonizarlos entre sí, eliminando aquellos que sean desestimados.

contraria, es decir, estudiar si una disminución de la capacidad puede conducir a una reducción de costo suficientemente importante como para atraer la atención del comprador.

Suponiendo que la empresa no descarte la posibilidad de creación de futuros modelos de distinta capacidad, deberá abordarse el caso de muy distinta manera. No pueden fijarse las cifras características correspondientes a un modelo sin considerar la influencia que comercialmente pueda tener sobre las de los modelos de capacidad menor y mayor inmediatos, debiendo emprenderse un estudio tendiente a determinar los límites máximo y mínimo de capacidad de la especie de máquinas. Esto es, averiguar cuál sería el modelo más "chico" comercialmente admisible y cuál el más "grande", a fin de establecer luego un escalonamiento de capacidades técnica y comercialmente conveniente. En este escalonamiento los sucesivos modelos guardarán entre sí una distancia equilibrada y equivalente, es decir que no deberán ser tan numerosos que los gastos indirectos de fabricación se eleven demasiado, ni encontrarse unos muy próximos y otros muy distantes por sus características de utilización y precio de venta.

Si los resultados de esta investigación confirman, aun con pequeñas variaciones, los valores originariamente propuestos, se podrá seguir adelante con el proyecto. De no ser así, la discrepancia deberá ser comunicada a quien corresponda para salvar la responsabilidad del proyectista.

Tratándose de máquinas en las cuales se agrega la intervención de variables físicas se agregan la complicación de diversos tipos constructivos posibles, la determinación de las características técnicas de utilización en su aspecto puramente técnico se vuelve un problema de extrema complejidad que debe ser tratado especialmente. En tales casos la aplicación de la teoría del proyecto de series de máquinas suministrará los valores buscados, debiéndose efectuar este estudio sin perder de vista los aspectos económicos y comerciales.

(1) Ver: "Proyecto de Máquinas" - P. Tedeschi - Eudebs - Buenos Aires -

Respecto de programas

una particularidad común a la casi totalidad de los casos, es decir que aparecen dos, tres o más magnitudes principales, dependientes entre sí de tal modo algebraicamente vinculadas, que para poder calcular una es necesario conocer las otras. En consecuencia es de rigor para poder desarrollar el cálculo fijar presuntivamente alguna de ellas, por lo menos. En su desarrollo casi siempre existen puntos particulares (puntos de cierre) que permiten efectuar la verificación o comprobación de ciertos valores supuestos o calculados anteriormente. Si las comprobaciones efectuadas no fueran confirmatorias deberá recomenzarse el cálculo, introduciendo la modificación de los valores que se creyeren pertinentes hasta lograr dicho propósito.

Las veces que este proceso se repita, dependerá de la sagacidad del proyectista en proponer de primera intención valores muy aproximados a los que resulten definitivamente admitidos como "buenos" en las verificaciones posteriores.

Los métodos de cálculo en los cuales se procede por tanteos sucesivos podrían llamarse indirectos.

Si el método es lógico, depurado y racionalmente organizado, tratando de reducir el empirismo en las fórmulas y desintegrando los coeficientes que impliquen sobredeterminaciones, puede llegarse a eliminar por completo la necesidad de proceder por reajustes sucesivos de valores provisionales, obteniéndose en tales casos la serie definitiva de valores buscados a partir directamente de los datos del problema, y en sucesión inintercumbida.

Este sería el método que podría denominarse directo.

Si el proyectista no es un especialista en la materia, antes de emprender esta parte del trabajo deberá informarse sobre las últimas publicaciones que comporten adelantos o mejoras en los procedimientos analíticos conocidos. Sin embargo, y en tal caso será prudente que se abstenga de introducir modificaciones sustanciales en los programas de cálculo consagrados por la experiencia limitándose solamente a aquellas que son puramente formales.

Es conveniente dejar constancia de los cálculos efectuados. El mismo proyectista podría necesitarlos en el futuro con fines comparativos, o tal vez un colega o sucesor.

Si en la oficina técnica se realizan corrientemente proyectos de una

misma especie, no se debe perder el tiempo escribiendo memorias de cálculo comentadas en todos sus detalles.

→ Será suficiente llenar una planilla de cálculo a medida que estos realicen. En esta planilla se consignarán en columnas los siguientes datos: La denominación de las magnitudes. Las fórmulas algebraicas. Las mismas fórmulas en cifras, el resultado, el valor adoptado. La denominación de las magnitudes puede reducirse solamente a un símbolo algebraico.

→ Lo que importa no es tanto dejar constancia del método de cálculo, el cual puede ser fácilmente reconstruido por un especialista, sino destacar los coeficientes empleados, sobre todo cuando se trate de un coeficiente global, resultado de la composición de otros parciales.

Si se trata de un programa que emplea las técnicas de computación no es necesario tomar ninguna clase de previsiones en cuanto a guardar constancia de detalles puesto que todo el programa con sus coeficientes queda impreso cada vez que se le usa. También está impreso en las tarjetas perforadas que constituyen el programa objeto.

ESTABLECIMIENTO DE LAS DIMENSIONES QUE DEBEN DETERMINARSE POR APLICACION DIRECTA

La configuración de la máquina surgirá de las principales dimensiones ya obtenidas de los cálculos realizados.

→ Debe ser evidenciada por medio de un croquis, trazado si es posible en escala natural, al cual se llevarán las dimensiones ya conocidas, con el fin de limitar los contornos, ubicar los ejes, y todo detalle provisoriamente aceptado que probablemente pueda influir sobre el contorno o la posición de los demás.

→ Sin embargo, es muy probable que falten algunas de las dimensiones básicas que afectan la configuración del conjunto, pero siendo la variedad de las creaciones mecánicas casi infinita, no es posible predecir en forma general si estas serán muchas o pocas.

→ No debe pensarse que estas dimensiones básicas que aún resta fijar, son de segunda importancia por el hecho de no estar incorporadas al conjunto que hemos llamado método de cálculo, es decir por ser matemáticamente independientes del mismo.

Por el contrario, suelen ser fundamentalísimas con respecto a aquellas que involucran lo que podría llamarse el grado de eficiencia del producto, utilidad de aplicación, o alcance, siendo probable que todas, o algunas de ellas, hayan sido tratadas en el anteproyecto.

El principio constructivo, desde el punto de vista tecnológico, es uno de los aspectos más importantes, sobre el cual se necesita tomar una decisión para poder iniciar el croquis mencionado, o, por lo menos, para poder concluirlo. Siempre, claro está, que *ello* se haya librado al criterio del proyectista.

Nada verdaderamente útil puede decirse sobre el tema sin referirlo a alguna especie particular de máquina, sin embargo, puede citarse, aunque la alternativa no sea pertinente en todos los casos, el problema de tener que decidir entre la construcción soldada y la construcción fundida.

→ Entre los variados elementos de juicio que pueden recabarse del anteproyecto para poder resolver tal disyuntiva, se encuentran dos fundamentales y decisivos, sobre los cuales ya se han efectuado comentarios particulares, y que son: el costo tope admitido y la cantidad de unidades a producirse.

→ Habrá que sopesar cuidadosamente la influencia que tiene sobre el costo indirecto, la ausencia de modelos en la construcción soldada, contra los dispositivos indispensables para realizar la soldadura.

III

16

CALCULO DE LAS DIMENSIONES DEPENDIENTES DE LEYES

RESISTENCIALES

El trazado de primera aproximación, se irá desarrollando a medida que se resuelven los variados problemas resistenciales que se presenten. Entendiéndose por tales los cálculos analíticos o estimaciones sobre la resistencia a la ruptura (incluyendo la fatiga), deformaciones elásticas, desgaste o vida, siendo imprescindible efectuar rigurosamente estas tres clases de consideraciones sobre cada uno de los principales órganos de la máquina. El primer paso a dar será el de determinar o estimar los valores numéricos de las fuerzas que deben intervenir en las formulas. En el antecedente han sido tratadas las fuerzas exteriores aplicadas a la máquina, y se habrán discutido y fijado probablemente los valores definitivos a usar posteriormente, algunos de ellos ya empleados en el método de cálculo fundamental.

De estas fuerzas, cuya exacta valoración es de primerísima importancia, derivarán todas las demás al transcribirse y transformarse a través de los distintos órganos, dependiendo este último, de los vínculos cinemáticos y de la configuración geométrica de cada elemento.

Claro está que si la evaluación de las fuerzas intervinientes depende de algunas dimensiones de ciertos órganos aun incompletamente definidos precisamente porque todavía debe aplicarse el análisis resistencial, el proceso del trazado de primera aproximación se verá urabado en su desenvolvimiento por vez especie de indeterminación aparente.

El inconveniente se salva recurriendo al procedimiento de las aproximaciones sucesivas, que se aplicará por separado a cada problema parcial y que consistirá esencialmente en:

suponer conocida la dimensión que ocasiona la indeterminación analítica, proponiendo un valor estimado o bien, diseñar directamente y "sentimiento" el elemento geométrico faltante para obtenerla gráficamente. Esto permitirá calcular fuerzas y reacciones y establecer los diagramas de momentos flectores y torsores, con los cuales se podrá verificar si el elemento en cuestión cumple con las condiciones resistenciales obligadas. Es decir, se obtendrán los valores de los coeficientes de trabajo; las flechas de las deformaciones elásticas; o el tiempo de vida útil, según lo que corresponda. Estos valores serán examinados y juzgados de acuerdo al criterio que la experiencia anterior y el estudio del caso haya formado. Si resultan satisfactorios, la dimensión propuesta o el detalle diseñado serán aceptados e incorporados definitivamente al trazado del primera aproximación. De no ser así, deberá variarse convenientemente el valor propuesto, o el detalle geométrico, hasta que repitiendo el proceso explicado se obtengan resultados finales confirmatorios de las modificaciones.

directa) de las partes que ofrecen la alternativa, permitirá juzgar si la diferencia de costo entre ambas soluciones, número de unidades a fabricar es importante o si es tan reducida que se prefiera decidir sobre las consideraciones puramente técnicas.

El croquis se denomina "trazado de primera aproximación". Sobre él se efectuará el reconocimiento visual de la concordancia entre los valores característicos empleados y la configuración del conjunto resultante. Este reconocimiento no se limitará solamente a los valores pertinentes a la función principal de la máquina, sino que además se deberá esforzar al máximo la imaginación tratándose de percibir de antemano las incongruencias y tropiezos de toda naturaleza que originados por un desacuerdo inicial, podrían evidenciarse durante el desarrollo posterior. Esto requiere una labor que consiste en modificaciones de los cálculos, y de los contornos fundamentales, rectificaciones en las posiciones relativas de los elementos y sobre todo un estudio geométrico del espacio libre necesitado por las cadenas cinemáticas que dichos elementos establecen entre sí.

El trazado de primera aproximación deberá realizarse sobre papel blanco. Podrá dibujarse en escala, dependiendo la reducción elegida de la mayor o menor facilidad que se tenga de apreciar el espacio ocupado por los detalles que condicionan la posición de los elementos fundamentales.

Tal vez no sea superfluo recordar que cualquier modificación necesaria de las dimensiones fundamentales no puede ser hecha sin considerar simultáneamente cómo resultan afectados los otros que poseen estar ligados al sistema de ecuaciones pertinentes al método de cálculo, incluyendo una cuidadosa revisión del campo de aplicación de los coeficientes implicados.

A esta altura de los trabajos el croquis de primera aproximación no estará terminado. Es evidente que aún faltan muchas dimensiones importantes obtenibles directamente por aplicación de las leyes de la resistencia de materiales y tal vez otras más de diferente naturaleza pero condicionadas a estas últimas.

18

CROQUIS

II
20

Así, utilizando como punto de partida el croquis inicial valiéndose de presunciones cuantitativas y gráficas seguidas por cálculos de verificación, e introduciendo las modificaciones consecuentes se irá perfeccionando y completando gradualmente el trazado de primera aproximación.

Como ya se ha dicho, el trazado de primera aproximación se reducirá a la exacta ubicación relativa de los principales órganos y dimensiones, no debiéndose por el momento perder el tiempo en delinear detalles que presuntamente no tengan influencia sobre la posición de elementos importantes. Es aconsejable ocuparse solamente de aquéllos que evidentemente condicionan dimensiones fundamentales, pudiendo croquisárselos a mano levantada para ganar tiempo, si el proyectista se tiene suficiente confianza.

Se hará si se quiere, sin sujeción a las reglas convencionales del dibujo puesto que se trata de un borrador para uso exclusivo del autor, quien es el único que debe interpretarlo y utilizarlo, no interesando por otra parte su conservación posterior al diseño definitivo.

Todas las piezas de la máquina que transmiten fuerzas importantes serán sometidas — como ya se ha dicho — al análisis de tensiones internas para verificar si sus valores no sobrepasan los límites admisibles. Sin embargo, sucede muy frecuentemente que buena parte de ellas deberán mencionarse cuidando que las deformaciones producidas por las cargas aplicadas no pasen de ciertos valores, es decir que el criterio predominante será la rigidez en vez de la resistencia a la ruptura resultando necesariamente en tales casos bajísimas tensiones de trabajo.

Uno de los objetivos generales de importancia económica, es realizar un diseño "equilibrado" desde el punto de vista resistencial, tratando que cada una de las piezas que integra cada conjunto cinemático y que recibe y transforman las fuerzas exteriores aplicadas, tenga la misma probabilidad de fallar por ruptura o por deformación si se somete la máquina a exigencias desmedidas.

Es absurdo y antieconómico sobredimensionar una o varias piezas de un conjunto, puesto que todo el mecanismo fallará a causa de una sola, lo que naturalmente es el caso de la pieza más débil. Es ideal que esta pieza débil sea entre todas aquella que por su rotura no ocasione mayores daños en el resto del mecanismo y su reemplazo resulte fácil y barato, constituyendo lo que podría llamarse un "seguro" del mecanismo.

La realización de un conjunto equilibrado exigirá una cuidadosa selección de los diversos materiales a emplearse, por sus tensiones de ruptura, límites elásticos y demás características, siendo indispensable una confrontación de los coeficientes de seguridad y los coeficientes relativos

III
21

obtener piezas más livianas, pero sin embargo el mayor costo de estos materiales es tal, que casi siempre la reducción de peso no es compensatoria desde el punto de vista económico. En consecuencia, y como punto de partida inicial en la selección de los materiales, puede establecerse que la máquina más barata, será la que emplea los materiales menos costosos.

.....

ELABORACION DE LA REPRESENTACION DETALLADA DE LOS ORGANOS DE LA MAQUINA Y SU CONJUNTO

Habiendo establecido las formas generales por medio de las principales dimensiones a través del cálculo y por apreciación directa, y habiendo investigado la compatibilidad de éstas con los propósitos fundamentales por medio del trazado de primera aproximación, el proyectista quedará en condiciones de abordar la última y definitiva etapa de su labor: el borrador de diseño, o dibujo de composición mecánica.

Durante el desarrollo de los trabajos precedentes habrán surgido en su mente una multitud de ideas relativas a soluciones de fondo ya implícitas en el trazado de primera aproximación, otras de detalle o accesorias, cuya conveniencia deberá probarse con el dibujo detallado. Las primeras, que no podrán modificarse sin afectar fundamentalmente los estudios anteriores, serán definitivas si el proyecto ha partido de una concepción sana, y no contiene vicios originales. En cambio, las segundas son simplemente ideas todavía modificables o sustituibles, que aun hay que desarrollar y estudiar gráficamente. *Sal de detalle o accesorias.*

Esta última clase de trabajo es la que ahora principalmente corresponde realizar, y se concretará en un borrador de diseño confeccionado tomando como base el trazado de primera aproximación y todos los resultados de los cálculos y previsiones efectuados anteriormente.

Dicho borrador de diseño se realizará sobre el papel blanco resistente, que soporta bien el efecto de la goma.

A él se trasladará el trazado de primera aproximación, depurándolo de los inevitables trazos y esquemas superfluos que seguramente presenta y transformando la escala si fuese necesario.

Sobre este último punto, cabe decir aproximadamente lo mismo que ya se ha dicho para el trazado de primera aproximación: puede utilizarse una reducción siempre que el proyectista tenga suficiente habilidad profesional para juzgar convenientemente las dimensiones a través de una escala. Diseñar en escala de reducción, es un lujo que puede permitirse solamente quien tenga mucha experiencia y confianza en sí mismo, no siendo aconsejable que lo haga aquél que no reúna estas condiciones.

Puede suceder, sin embargo, que el tamaño de la máquina sea tal que su conjunto representado en escala natural no quepa en la mesa de dibujo. En tales casos se procede a efectuar la representación por sectores en hojas de papel separadas, dibujando simultáneamente un conjunto completo de guía y coordinación, realizado en una escala de reducción tal que posibilite su representación en una sola hoja de papel.

Tratándose por ejemplo de piezas fundidas o compuestas por soldadura, es muy difícil por no decir imposible juzgar correctamente en escala

los espesores en relación y las demás dimensiones. Además, la practicabilidad de los nervios que forman los espacios huecos en las piezas fundidas solo puede apreciarse debidamente dibujando en escala natural, si bien las dificultades tecnológicas en la construcción de los mismos se originan más frecuentemente por pequeñez que por grandeza.

Cuando se deba inevitablemente diseñar en escala, la apreciación de los detalles se realizará por medio de trazados auxiliares hechos aparte para verificar el tamaño natural.

El borrador de diseño es objetivamente una representación no ortodoxa del conjunto de todas o casi todas las piezas distintas de la máquina, hecha de tal modo que comprenda sin exclusión todas las dimensiones fundamentales y todos los detalles de formas importantes.

Para poder mostrar todas las piezas, o por lo menos las más importantes, no por su función sino por la complicación de su forma, se recurre generalmente a representar la máquina por medio de un corte longitudinal que constituirá el dibujo fundamental, al cual podrá agregarse sobre el mismo papel otros cortes y vistas parciales complementarios.

Tanto en el trazado fundamental como en aquellos auxiliares no es necesario ajustarse escrupulosamente a las normas corrientes de dibujo. Es decir que las vistas y cortes parciales pueden realizarse sin guardar entre sí la debida posición relativa, si los límites del papel lo impiden. Asimismo es muy conveniente que, si es necesario realizar la representación separada de ciertas partes de importancia particular, los dibujos correspondientes se hagan en la misma hoja aprovechando los espacios blancos disponibles.

El trazado se efectuará con líneas fácilmente borrables, y en especial finas y nítidas en las partes que se utilizan para la determinación y comprobación gráfica de medidas, pudiendo prescindirse de la precisión en todo lo demás, llegando si se quiere, al trazado a mano levantada.

Las cotas se colocarán a medida que se vayan resolviendo, sin cuidarse para nada de respetar las reglas usuales en la ejecución de planos, referentes a su selección y correcta ubicación.

En beneficio de la claridad no es necesario poner todas las cotas posibles, sino solamente aquellas mínimas que influyen en la forma o la posición relativa de las piezas vinculadas entre sí, y desde luego también aquellas originadas por los cálculos o impuestas por las necesidades de utilización.

Debe tomarse especial cuidado de no establecer recorridos paralelos, impropios de cotas parciales que, yendo por distintos recorridos paralelos, impliquen valores contradictorios con los totales, por acumulación de pequeños errores de trazado.

Es innecesario recargar los dibujos con el agregado de tolerancias dimensionales y signos de terminación superficial. Los se establecerá

CONFECCION DE LOS PLANOS DE FABRICACION

Los planos de fabricación serán confeccionados por técnicos auxiliares en base al *dibujo de composición preliminar*.

Estos ejecutarán primeramente los planos de pieza en los cuales como es sabido debe quedar determinada la exacta configuración de cada una de las piezas por separado y por último los planos de conjunto y subconjunto. Necesariamente, en esta fase de los trabajos se completarán muchas dimensiones relativas a los detalles convencionales de forma, que el autor del borrador de diseño habrá omitido *deliberadamente*.

Los planos de subconjunto y conjunto se realizarán posteriormente. Los planos de pieza, puesto que durante la elaboración de estos últimos se introducirán inevitablemente muchas modificaciones imprevistas hasta ese momento.

(dibujo de composición)

El proyectista explicará verbalmente al dibujante, con especial énfasis a la vista, todos los detalles de la máquina, insistiendo particularmente sobre aquéllos que a su juicio sean de dudosa interpretación o que parezcan insuficientemente representados, ayudándose con dibujos, catálogos, y todo otro elemento que facilite el entendimiento. Un simple croquis y unas pocas palabras pueden suplir perfectamente todo lo que no se halla explícito en el borrador de diseño, ahorrando así el valioso tiempo del proyectista que debe aplicarse en tareas de mayor jerarquía.

Es natural que procediendo como se ha dicho, este último no puede desligarse totalmente de la ejecución de los planos, debiendo vigilar su marcha, realizando aclaraciones y correcciones, y resolver los problemas de selección de ajustes, terminación superficial, y lista de materiales.

Hasta aquí se ha descrito la labor del diseño propiamente dicho, enfocándola desde un punto de vista casi exclusivamente formal.

ASPECTOS SUSTANCIALES DE LA LABOR CREATIVA

En general, sobre muy pocas piezas de una máquina pueden conocerse las fuerzas aplicadas y su modo de actuar en grado suficiente como para permitir la obtención de sus dimensiones por medio de la aplicación numérica de las leyes de la resistencia de materiales. Y aun en estos casos será ciertamente imposible hallar por ese procedimiento todas las dimensiones necesarias que determinan la configuración de la pieza. La mayor parte de ellas se establecerán por estimaciones *directas*.

que dependen de la capacidad intuitiva del diseñador para apreciar la influencia de factores de diversos órdenes. Entre éstos, a título de ejemplo, y en forma general, pueden citarse: los esfuerzos anormales de montaje y desmontaje; las presiones que se aplicarán sobre la pieza para sujetarla sobre las máquinas herramientas; los golpes accidentales que puede recibir durante el transporte en fábrica; las vibraciones que puedan causar fisuras por fatigas del material (cuando no puedan tratarse analíticamente); las tensiones internas originadas por diferencias de temperatura preexistentes en el funcionamiento normal; el desgaste por fricción; el debilitamiento debido a la corrosión; los esfuerzos anormales que eventualmente podrían aplicarse durante el traslado e instalación en el sitio de funcionamiento; las formas obligadas por razones geométricas y cinemáticas y aquellas motivadas por razones estéticas. La configuración de las piezas "chicas" de dimensiones poco importantes, será resuelta casi exclusivamente en base a las consideraciones mencionadas.

Debe recordarse la importancia que reviste la presentación del producto en el ánimo del cliente.

Este, si es lego en cuestiones técnicas, lo juzgará por su aspecto exterior y por todos los indicios de la calidad que su perspicacia alcance a descubrir. Y si el cambio se trata de un técnico, del cual si bien razonablemente puede esperarse un juicio más acertado, estará dentro de la lógica que el diseñador ha asignado a todos los *problemas* de *esta* importancia que al aspecto estético.

Tal como lo ha expresado de un destacado crítico: "La forma es el sostén de la función y debe seguir a ésta en el orden de la concepción mecánica". Los diversos accidentes de la forma están determinados por las funciones. Salientes, gargantas, curvas de enlace, orificios, ranuras y en fin todos los innumerables pequeños detalles, como asimismo los lineamientos generales de la conformación de cada pieza corresponden siempre, según el funcionalismo, a una necesidad objetiva perfectamente definida.

Diseñar aplicando estrictamente el criterio funcionalista que solo reconoce causas puramente objetivas como origen de las formas y conduciría a despreocuparse completamente del aspecto estético de la máquina, cons-

24

24

de superar a la competencia atrayendo al mayor número de clientes, y por otra parte a la muy respetable necesidad que puede experimentar el creador, es excusable tomarse la libertad de extender el principio, considerando incluidas en él, también motivaciones estéticas.

Tratándose de máquinas o aparatos en particular, el interés por embellecer el producto no debe llevarse al extremo de introducir en él formas o detalles decorativos que desvirtúen los resultados esenciales logrados por la aplicación de los principios-funcionales.

De esta necesidad ha surgido una profesión; la del diseñador industrial, el cual sin ser proyectista en el pleno sentido aquí atribuido al término, trabaja con los verdaderos creadores del producto, aportando su colaboración especializada. Este debe reunir variados conocimientos tecnológicos y comerciales, y desde luego poseer cierta inclinación artística indispensable.

Resumiendo, puede enunciarse como criterio general para juzgar la correcta conformación de una pieza, que todo detalle de forma debe justificarse por razones de funcionamiento, necesidades tecnológicas de fabricación, o por consideraciones estéticas y psicológicas.

Cuando el proyectista parte con la imaginación en busca de un mecanismo que resuelva un determinado problema mecánico, la solución generalmente se presenta al espíritu bajo formas concretas, y muy probablemente completa en todas sus partes esenciales, es decir por un conjunto de elementos como ejes, palancas, engranajes, etc., que, al menos en principio, aparentan resolver el problema.

Dicha solución se fijará en un croquis hecho a mano levantada, delineando las piezas tal cual se las imagina. Sobre este se hará un análisis de vínculos cinemáticos, tratando de definir con toda claridad y en abstracto la función de cada una de las piezas. Esto evidenciará cuales son los elementos superfluos o reemplazables, y los detalles innecesarios introducidos por tendencias inconscientes, permitiendo la depuración y mejoramiento de la concepción original, para juzgar acabadamente su aplicabilidad.

Tratándose de un mecanismo complementario, o de un aparato accesorio de la máquina, el grandor de sus partes constitutivas estará lógicamente condicionado a éstas, pudiendo suceder que ensayando su dimensionamiento, se descubra la incompatibilidad de las formas concretas emergentes del principio constructivo elegido con el espacio disponible o con alguna de las variadas condiciones que el mecanismo debe cumplir.

Para aclarar lo dicho, supongamos por ejemplo que donde se piensa colocar un rodamiento, sólo haya espacio para poner un buje de bronce, el cual puede resultar inadmisiblemente por su desgaste o por exceso de rozamiento. O también este otro: se ha previsto construir una palanca de acero forjado solidaria a un eje y vinculada al mismo por su extremo abierto,

que lo abraza apretando con un tornillo. Sin embargo al llevar el problema al papel se descubre que este elemento es exageradamente grande y robusto surgiendo inmediatamente la conveniencia de reemplazarlo por una construcción de chapa estampada que se unirá al eje por soldadura eléctrica.

Si modificando las formas concretas (desde el punto de vista tecnológico constructivo) no se puede lograr un conjunto homogéneo y satisfactorio, significará que el principio constructivo elegido es inadecuado al orden de grandor resultante, y habrá que empezar de nuevo buscando otra solución basada en un principio distinto.

Cada conjunto de elementos organizados, enfocado sea desde el punto de vista tecnológico-constructivo como desde el punto de vista funcional abstracto, sólo puede ser realizado en un orden de grandor contenido dentro de ciertos límites, que por imprecisos no son menos verdaderos.

Esto debe ser tenido muy en cuenta cuando se proyectan máquinas pertenecientes a una serie homotética, con referencia a los mecanismos complementarios o accesorios.

Tratándose precisamente del problema de agrandamientos o reducciones homotéticas, ya sea con referencia a las piezas que componen el mecanismo principal o a las de los mecanismos accesorios debe destacarse que es imposible pasar de un grandor a otro, conservando una relación constante para absolutamente todas las dimensiones de una pieza. Es decir que de una pieza dada, no puede obtenerse un agrandamiento o una reducción por simple aplicación directa del principio de la semejanza geométrica. Lo impiden por una parte, y en la mayoría de los casos, ciertos detalles de forma y accesorios comerciales normalizados que sólo pueden variar por medidas escalonadas, como roscas, trefilados, rodamientos, retenes, tornillos, etc. Y por otra parte las leyes de similitud aplicadas a la resistencia de materiales, las cuales no concuerdan con la semejanza estrictamente geométrica. Agregándose también ciertas exigencias de orden tecnológico, como por ejemplo los moyos, particularmente cuando se trata de reducciones.

A la perfección y complejidad de aquellas máquinas actuales basadas en principios fundamentales conocidos desde hace mucho tiempo, como por ejemplo las máquinas de imprenta, los telares, los motores de combustión interna, etc., se ha llegado mediante un proceso de desarrollo gradual, resultado del esfuerzo acumulado a través de los años por muchos investigadores, inventores e industriales.

Ninguna empresa sería decidida a lanzar la producción en masa de un nuevo modelo de máquina sin haberse asegurado antes que el proyecto se ha preparado considerando previamente todos los adelantos mundialmente logrados hasta el presente en la especialidad.

III

28

En las especies mecánicas muy desarrolladas la originalidad de principios se excluye por razones obvias, pudiendo solamente existir sobre detalles de partes accesorias.

La percepción de los límites inherentes a los principios fundamentales contenidos en cada concepción mecánica es una cualidad nata del inventor, que conduce a las creaciones revolucionarias.

Aun así, habiendo seguido en la preparación del proyecto un procedimiento inobjetable, la posibilidad de encontrar deficiencias en el producto son muchísimas, debido a los variadismos y complicados problemas que deben estudiarse y de cuya acertada resolución dependerá el éxito.

Sin embargo, la eficiencia general, los problemas de mantenimiento, el costo exacto de fabricación, la opinión de los agentes de ventas y muchos otros aspectos importantes e imprescindibles para la formulación de planes comerciales, sólo podrán ser suficientemente apreciados sobre un prototipo experimental, del cual surgirán inevitablemente todas las virtudes y los defectos del producto.

Las observaciones hechas sobre este prototipo demostrarán cuales deben ser las correcciones y modificaciones a efectuar para llegar al modelo definitivo.

El carácter experimental de un proyecto (es decir un prototipo) infunde siempre audacia en su realizador, el cual seguramente sentirá inclinación a utilizar soluciones mecánicas y tecnológicas novedosas e interesantes, pero de resultados naturalmente inciertos aún, y al mismo tiempo a exigir mayores esfuerzos a los materiales empleados, a fin de reducir el costo del producto.

En cambio, cuando se trabaja sobre un diseño definitivo que pasará casi directamente a la etapa de fabricación con mínimos y brevísimos ensayos previos, el autor, cuidando con toda razón su prestigio profesional, se colocará preferentemente del lado de la seguridad absoluta frente a todos los problemas que presenten una disyuntiva pudiendo resultar en consecuencia un producto técnicamente eficiente pero costoso y por consiguiente incapaz de "entrar" en un mercado competitivo.

Desde luego que sólo las grandes empresas pueden soportar el costo anticipado que representa la creación y experimentación de prototipos de máquinas; razón por la cual es muy común recurrir a los servicios de fabricación de prototipos a firmas extranjeras.

En el caso de tener que elegir un productor a fabricarse bajo licencia las consideraciones de orden económico-financiero como asimismo el estado de las relaciones comerciales con el país de origen son decisivas. Sin embargo es necesario advertir la conveniencia de no prescindir de los resultados de un estudio previo de carácter técnico que podría ser muy sensible a lo que aquí se ha presentado como un prototipo experimental. La audacia en el diseño que no pueda respaldarse en toda la experiencia necesaria, los medios materiales auxiliares y los recursos financieros indispensables, deberá ceder lugar a la prudencia que aconseje una fría

... en la selección de la materia prima...

... en la selección de la materia prima...

... en la selección de la materia prima...

UNIDAD DE MEDIDAS MECANICAS

En todos los paises que legalmente han im- tituido el uso del sistema métrico decimal exis- te la táctica convención de consignar en los pla- nos de máquinas todas las cotas en milímetros, sin agregar a continuación, ni especificar en parte alguna, el símbolo de dicha unidad .

Relación: pulgada inglesa- milímetro-

El National Physical Laboratory, de In- glaterra fija como relación:

1" inglesa = 25,399 956 mm

Relación: pulgada norteamericana- milímetro-

La ley fija la relación: 1" = 25,400 051 mm

de donde se deduce que:

1" norteamericana = 25,400 051 mm

Según la British Standard Institution de Inglaterra como la American Standard Associa- tion de Norteamérica han convenido en permitir para empleos exclusivamente industriales, pla- nos de máquinas y herramientas, la relación redondeada:

1" = 25,400 000 mm

VALORES RECOMENDADOS DE COTAS NOMINALES

Todas las cotas nominales que el proyectista puede variar dentro de ciertos límites respetando la intención del diseño, aplicadas a longitudes, espesores, diámetros, y radios de curvatura, deben redondearse a los valores recomendados en la tabla . Esto posibilita el empleo de instrumental de verificación ya existente, facilita la adaptación y organización de dispositivos auxiliares de producción reduciendo los costos.

Cuando sea imprescindible emplear medidas intermedias a las consignadas en la tabla se tratará de evitar las cotas nominales que no sean números enteros, y se redondearán terminando en 2, 5, u 8, como se hace para las medidas menores.

La tabla se basa en la serie de números normales que resultan de redondear los valores deter- minados por cuatro progresiones geométricas de- nominadas , R5, R10, R20, y R40, cuyas razones re- pectivas son, $\sqrt[5]{10}$, $\sqrt[10]{10}$, $\sqrt[20]{10}$, y $\sqrt[40]{10}$. A partir de la cota 545 la serie R40 se completa con va- lores de una serie ^(auxiliar) denominada R80, cuyos tér- minos se interpolan entre los términos de la R40 haciendo la media aritmética

En la selección de valores para cotas

Una antigua y ya superada regla de dibujo expresa que deben acotarse en el plano todas las distancias a ser utilizadas por los operarios durante el trazado y la mecanización, de modo que estos no tengan que efectuar ninguna operación aritmética para calcular una cota auxiliar.

Los modernos métodos de fabricación han superado este consejo, pues la técnica de la producción trata de evitar cuidadosamente, e por lo menos reducir al mínimo, la dependencia de la obra realizada de las operaciones de medición directa. Por otra parte, claro está, que nunca el proyectista podrá tener de antemano la absoluta certeza de cuales han de ser las cotas efectivamente necesitadas, pues éstas variarán en función de las posibilidades del equipo disponible, de la forma de la materia prima utilizada, y del criterio personal de los encargados del taller en disponer la secuencia de las operaciones.

En la producción moderna todas las operaciones de mecanización tendientes a obtener la configuración definitiva de la pieza, las

máquinas herramientas, y los operarios, trabajados por intermedio de un utilillaje auxiliar especial. Cada matriz o dispositivo de los que constituyen este utilillaje especial está concebido para ejecutar y limitar el alcance de una única operación determinada, sobre una pieza determinada, en una etapa determinada de su elaboración, y su función principal es asegurar la terminación "en medida" de la pieza en forma independiente de la habilidad de los operarios. Esto conducen la marcha del proceso, pero en cuanto a las medidas generalmente se limitan a controlar las con frecuencia por medio de calibradores de límites y otros instrumentos semejantes, interviniendo con mediciones directas solamente cuando sospechar que se produce alguna anomalía. Toda operación de trazado y medición queda normalmente excluida de los procesos racionales de producción en masa.

Se concibe claramente que todos estos cálculos y raciones de medición directa evitadas durante la producción han sido transferidos al proyecto de las herramientas. Este efectuará su labor

III

producción según los planos, y las dimensiones del material previsto en bruto, debiendo efectuarse toda clase de cálculos auxiliares sobre las cotas y tolerancias consignadas para poder diseñar sus concepciones.

La regla a emplear para el acotado expresa que, debe determinarse la pieza por medio de un sistema de cotas aplicado desde superficies de referencia elegidas de acuerdo con las exigencias funcionales de las superficies con- dicionadas. // Primeramente se analiza la pieza para identificar las superficies libres y con- dicionadas distinguiendo de estas últimas aquellas especiales que corresponden a ajustes. Luego se fijan las cotas funcionales más importantes y evidentes, y sus tolerancias correspondientes. De este modo saltará a la vista cuales superficies pueden ser tomadas como referencia, y a partir de ellas se completan las cotas faltantes y sus to- lerancias incluyendo aquellas que corresponden a las superficies libres, integrando el sistema. Finalmente se hace un repaso del conjunto trata- do de unificar la mayor cantidad de tolerancias posibles constituyendo la tolerancia general del

plano, la cuál se consignará en un espacio espe- cial del rotulado. Con excepción de los detalles de ^{diseño a} los que convencionalmente se les aplica tolerancias, una de las cotas consignadas debe corresponderle a una tolerancia que podrá ser particular o general. Recuérdese que las superficies de referencia debe quedar acotadas entre sí, y que, si desde una lí- nea de referencia (1) parten dos o más cotas hacia un mismo lado se trata de una superficie de re- rancia.

Siguiendo este criterio el proyectista, que sabe positivamente que la pieza tecnológica- mente puede construirse, cuidará el aspecto estru- tamente funcional cuando esté acotando, desenten- diéndose del problema de determinar en detalle la secuencia de las operaciones de mecanización y las herramientas auxiliares que habrán de em- plearse. Este trabajo quedará al cuidado de los encargados de organizar la producción; y en par- ticular del proyectista de herramientas. El plan debe presentar todas las cotas (y sus tolerancias:

(1) Conviene distinguir cuidadosamente entre los conceptos de superficie de referencia y línea de referencia. Solamente algunas de las líneas de re- ferencia coinciden con la traza de las superfi- cies de referencia.

respectivas) que deberá verificar el inspector de calidad para aprobar o rechazar la pieza.

La antigua regla que pide colocar todas las cotas que el operario puede necesitar durante la mecanización de la pieza es totalmente anacrónica en relación con la producción en masa. Sin embargo aún cabe que sea aplicada cuando se trata de la construcción de unidades aisladas, o en cortísimo número de unidades, y desde luego cuando se trata de acotar simples croquis de taller.

El cuadro sinóptico resume los principios de acotado que deben aplicarse en cada caso.

Debe determinarse la pieza por medio de un sistema de cotas aplicado desde superficies de referencia elegidas de acuerdo con las exigencias funcionales de las superficies condicionadas.

A cada cota consignada debe corresponderle una tolerancia particular o general. El plano debe presentar todas las cotas (y sus tolerancias respectivas) que tendrá que controlar el inspector de calidad para dar la pieza por aprobada o por rechazada.

Para la producción en masa

Deben acotarse en el plano todas las medidas que serán utilizadas por los operarios durante el trazo y la mecanización, de modo que éstos no tengan que efectuar ninguna operación aritmética para hallar una cota auxiliar.

Para la construcción de unidades aisladas o en cortísimo número

Principios de acotado

III
40

La documentación de fabricación es el conjunto de toda la información escrita y gráfica que se necesita reunir en la oficina de proyecto y en la oficina técnica del "cuarto de herramientas" para que la gerencia pueda dar la orden de fabricación al departamento de producción.

T ratándose de producción en masa éste conjunto de información debe constar de cuatro partes distintas que son:

- 1) Sistema de planos de producción
- 2) Lista de piezas y materiales
- 3) Especificaciones de fabricación *Herramientas* producción de
- 4) Conjunto de planos de

El cuadro sinoptico resume las características de estas partes.
Sistema de planos de producción

El sistema de planos consiste en la representación gráfica organizada de modo tal que sirva para dar a entender concretamente como debe ser el conjunto y como deben ser la forma y dimensiones de cada una de las piezas constitutivas de la máquina o aparato. Se denomina pieza a cada uno de los elementos indivisibles en que puede descomponerse el conjunto desarrollado

El sistema de planos de producción consta de un plano de conjunto general, de varios planos de subconjunto y de tantos planos de piezas individuales como piezas tenga la máquina, exceptuando las piezas estandarizadas que no deban producirse en la planta fabril de la empresa.

La función principal de los planos de conjunto y de subconjunto es mostrar de que modo se ensamblan unas con otras las distintas piezas. Además permiten la enumeración de las mismas y el número de identificación que cada una recibe en ellos sirve de referencia correspondiente en la lista de piezas y materiales.

La función de los planos de piezas es determinar la geometría de las piezas incluyendo todas las dimensiones y tolerancias de tal modo que permita reproducir su forma. Cada pieza se representa por separado en un plano que contiene todas las vistas y cortes necesarios y suficientes y denominación del material constitutivo.

Tanto los planos de conjunto y subconjunto como los planos de piezas se ejecutan aplicando escrupulosamente las reglas de la representación gráfica, sin escatimar las vistas y cortes auxiliares que puedan imaginarse para mejorar la claridad y evitar dudas de interpretación. Por ello se dice que son planos de representación extensiva.

Conjuntos
Subconjuntos
Piezas individuales

42

Lista de piezas, planos, y materiales

43

La lista de piezas, planos y materiales, suministra la información complementaria sobre cantidad, de unidades, materiales y normas, de todas las piezas que componen la máquina o aparato, incluyendo aquellas piezas o accesorios estandarizados cuya fabricación no está a cargo de la empresa debiendo ser provistos por terceros. Además sirve de correlación entre la designación de las piezas y la numeración de los planos.

Especificaciones de fabricación

Las especificaciones de fabricación son un documento escrito complementario que se redacta solamente en aquellos casos en que la técnica de la producción no es perfectamente conocida dentro de la empresa que va a fabricar el producto. Suministra información acerca de las normas de recepción y ensayo de materiales en bruto, de detalles terminados detalles especiales de algunos productos de fabricación, del control de calidad de las piezas, de los métodos de ensayo y puesta a punto del producto terminado.

Elementos de planos de fabricación de producción

44

Las herramientas de producción son aparatos sencillos e complejos que se aplican a la manufactura de un producto en producción con la finalidad de sostener la pieza en su posición a mecanizar, realizar operaciones de conformado a partir de la materia prima, y facilitar operaciones manuales de ensamblado y montaje. Permiten la realización del trabajo dentro de las tolerancias o especificaciones prescritas con la mínima dependencia de la habilidad del operario.

Los planos de herramientas de producción se confinan siguiendo el criterio de la máxima economía de dibujo. Generalmente en un solo plano se reúnen todos los datos que se necesitan para poder construir la herramienta, incluyendo la lista de piezas y materiales, denominándose por ello "planos de conjunto integrados",.....

(A) La vez "herramienta de producción" equivale a las veces inglesas "jig" y "fixture". Per "jig" debe entenderse una herramienta de producción que no está unida a la máquina en la cual es usada por ningún medio de sujeción. Per "fixture" debe entenderse una herramienta de producción que está firmemente unida a la máquina en la cual es usada por algún medio de sujeción. Convencionalmente los dispositivos para soldar partes por arco eléctrico entran dentro de esta última categoría.

o de representación condensada. Con viene emplear tolerancias no normalizadas en pre- visión de que los dispositivos sean realizados por talleres subsidiarios. En los casos de que estos sean muy complejos se recurre a la representación extensiva con planos de conjunto, subconjunto, y de piezas,

Tratándose de la construcción de unida- des aisladas o en cortísimo número de máquinas o aparatos de cierta complejidad orgánica, solamente se necesita contar con un sistema de planos seme- jante al de los planos de producción en masa. Si los aparatos son simples o de poca complejidad orgánica es suficiente con un plano de conjun- to integrado.

Cuando existen piezas fundidas de formas complicadas es costumbre, además de los planos de mecanización, ejecutar pla- nos especiales destinados exclusivamente al modelista de fundición. Estos planos convencionalmente entran dentro del
herramientas

Documentación de fabricación

Sistema de planos de producción

Planos de conjunto y subconjunto (representación extensiva). Muestran de que modo se ensamblan las distintas piezas. Permiten la enumeración de las piezas constituyendo la referencia de la lista de piezas.

Lista de piezas planas y materiales

Planos de pieza (representación extensiva) Determinan la configuración de la pieza con todos los datos dimensionales para construirla. Cada pieza se representa por separado en un plano.

Para la producción en masa

Suministra información acerca de:
e) Materiales constitutivos de cada pieza a fabricarse en la planta.
b) Materiales, dimensiones, normas, de las piezas y accesorios estandarizados que deben ser provistos por terceros.

Especificaciones de fabricación

Suministra información acerca de:
Normas de recepción y ensayo de materiales en bruto, técnicas especiales de fabricación, control de calidad de las piezas, métodos de ensayo y puesta a punto del producto terminado.

Conjunto de planos de dispositivos de producción

Planos de conjunto integrados (representación condensada) Determinan la configuración de cada pieza con casi todos los datos necesarios para construirla. Muestran de que modo se ensamblan. Contienen la lista de piezas. Pueden usarse tolerancias no normalizadas. Para herramientas complejas puede recurrirse a la representación extensiva

Máquinas o aparatos complejos

Planos de conjunto y subconjunto (representación extensiva) Muestran de que modo se ensamblan las distintas piezas. Permiten la enumeración de las piezas constituyendo la referencia de la lista de piezas.

Para la construcción de unidades aisladas o encortísimo número

Planos de pieza (representación extensiva) Determinan la configuración de la pieza con todos los datos dimensionales para construirla. Cada pieza se representa por separado en un plano. Pueden usarse tolerancias no normalizadas
Planos de conjunto integrados (representación condensada) Determinan la configuración de cada pieza con casi todos los datos necesarios para construirla. Muestran de que modo se ensamblan. Contiene la lista de piezas. Pueden usarse tolerancias no normalizadas.

II

46

CARACTERÍSTICAS DE LOS PLANOS DE PIEZA

Los planos de piezas son individuales, es decir que en cada plano queda íntegramente determinada una única pieza. Comprenden las vistas y cortes necesarios para la total interpretación de la forma, las cotas y sus tolerancias, la terminación superficial,

la designación del material, y las aclaraciones imprescindibles relativas al proceso tecnológico de fabricación incluyendo el eventual tratamiento térmico. Todas las cotas deben tener asignada una tolerancia. Esta tolerancia puede ser particular colocada a continuación de las cifras de cota, o general colocada en algún casillero del rotulado. Todas las superficies deben tener asignada una terminación. Esta indicación puede ser particular colocada sobre la traza de la superficie, o general colocada en algún casillero del rotulado.

La función del plano de pieza es determinar del modo más exhaustivo posible todas las condiciones que debe reunir la pieza terminada. El proceso tecnológico de fabricación queda en líneas

generales implícito pues el diseñador crea la pieza sobre la base de la función y de las posibilidades constructivas, por lo que observando el plan debe poderse deducir, salvo variantes de detalles, cuál deberá ser el proceso de fabricación en líneas generales. Este quedaría sujeto a las posibilidades del equipo disponible en cuanto a su descomposición en operaciones parciales y a su ordenamiento sucesivo.

El plano de pieza es el elemento principal sobre el que se basan las relaciones funcionales entre la oficina de proyectos y el departamento de producción. Constituye la parte técnica de una órden de fabricación que deberá cumplir este último, luego deberá cuidarse que posea los principales atributos de una órden: la precisión, la claridad. Es decir, que no presente ambigüedades ni que incurra en omisiones.

Es una práctica muy común contratar a talleres subsidiarios el suministro de piezas o subconjuntos, los cuales deberán ser montados sobre el conjunto general por el comprador. Se comprende perfectamente la importancia que adquiere la precisión y la claridad de los planos que en este

III

48

caso son suministrados por el comprador. Este, a pesar de que no arriesga con lo general ninguna inversión de capital con la compra, podría sin embargo perjudicarse seriamente por eventuales atrasos en las entregas provocadas por deficiencias tardíamente descubiertas en los planos. Por otra parte ningún proveedor aceptaría un trabajo económicamente importante con planos deficientes. El comprador debe expresar correctamente que es lo que desea que se haga para que el proveedor acepte el riesgo económico y la responsabilidad de hacerlo. El plano de pieza es la ley escrita técnicamente, y todos los problemas tecnológicos se resuelven sobre la base de lo que expresa, y todas las discusiones y pleitos de buena y de mala fé se originan por lo que no determina bien. En la confección de los planos de piezas se debe observar estrictamente el principio de la representación extensiva. Cabe observar que la precisión requerida se refiere al conjunto de todas las indicaciones contenidas en el plano, y no a la ejecución en escala rigurosa de los dibujos. Esta última es de importancia secundaria.

y debe cuidarse solamente en la medida en que un cambio o error dimensional de trazado de una parte del dibujo pueda afectar la forma representada.

Una vez ejecutados los planos de dispositivos suele agregarse ⁽²⁾ sobrecada plano de pieza una lista de los números de los dispositivos a usarse durante la fabricación de la pieza. El número asignado a cada dispositivo generalmente coincide con el número del plano que lo representa.

III 50

En los planos de conjunto se representa la máquina o aparato completamente armado con las vistas y cortes que más favorezcan la identificación de cada una de las diversas piezas sin excluir absolutamente ninguna, y tratando además de que resalten claramente todos los ensambles de montaje. Cada pieza recibe un número ^{de posición} que es el mismo que recibe en la lista separada de piezas ^{planos} y materiales. Las piezas no se enlistan sobre el propio plano.

Cuando el conjunto se compone de muy numerosas piezas no es posible lograr la representación de todas ellas en un solo plano, entonces se recurre a su descomposición en varios subconjuntos parciales que son representados en planos separados. En tales casos el plano de conjunto no debe representarse como una reunión de piezas sino como una reunión de subconjuntos. Cada uno de ellos recibe un número en el plano de conjunto, y un designación correlativa correspondiente al plano de subconjunto que se enlistata en columnándose sobre el ^{de reunión} de trabajo hacia arriba en el mismo plano de conjunto. De

este modo el lector del plano es remitido del conjunto general a los subconjuntos parciales, los cuales se ejecutan tal como si fuesen planos de conjunto de casos sencillos de pocas piezas. A cada plano de subconjunto le corresponde una lista de piezas y materiales que es propia.

En los planos de conjunto y subconjunto de producción en masa no deben consignarse en absoluto cotas, tolerancias, y símbolos referentes a la mecanización, o dimensiones generales. Pueden colocarse cotas, tolerancias y leyendas que deban ser utilizadas durante el montaje o puesta a punto final, por excepción, y siempre que sean absolutamente necesarios.

En los planos de conjunto ^o subconjunto de producción en masa se aplica el principio de representación extensiva.

A pesar de que la forma y dimensiones principales de cada pieza es estudiada previamente en el borrador de diseño, durante la ejecución de los planos de piezas casi inevitablemente surge la necesidad de efectuar algunos cambios de detalle. Por tal razón es que los planos de subconjunto y de conjunto se realizan después de haber realizado los planos de piezas.

CARACTERÍSTICAS DE LOS PLANOS DE HERRAMIENTAS

Los encargados de construir las herramientas para la producción en masa son técnicos especialistas que generalmente se hallan informados en detalle de sus aplicaciones, y trabajan en estrecho contacto con los proyectistas de las herramientas, y con los responsables de la producción. Por tales razones es que en beneficio de la economía y de la rapidéz de ejecución, en los planos de herramientas, se permiten ciertas contravenciones de los preceptos de la correcta representación gráfica que son salvadas por los contactos personales. || Toda la información necesaria para la construcción debe ser condensada en un mínimo de dibujos. Se consignan las cotas y tolerancias directamente sobre las vistas principales que al efecto debe presentar abundantes y complicados cortes para no excluir ninguna dimensión importante. Las cifras, las líneas de cota y de referencia, cruzan inevitablemente los contornos del dibujo pudiendo en partes afectar seriamente la claridad. Por lo tanto en ciertos casos se llega hasta a omitir deliberadamente algunas medidas, siempre que

no sean importantes, quedando su determinación sometida al criterio del constructor, quien las fijará aproximadamente valiéndose de las dimensiones brutas de las piezas consignadas en la columna correspondiente dispuesta sobre el cajetín de rotulación

Contrariamente a como sucede con los planos de producción el proyectista de herramientas es quien ejecuta personalmente los planos de los mismos, y a medida que va progresando en su tarea son frecuentes los cambios de juicio acerca de ciertas dimensiones ya dibujadas. Si estos cambios no afectan las formas no se modifican los dibujos quedando estos fuera de escala. El constructor de la herramienta es advertido de esta anomalía por medio de un guión colocado debajo de la cota alterada.

Las piezas de mayor complejidad se representan en un sector del mismo y único plano con las vistas y cortes imprescindibles. En precisión de que los dispositivos sean contruidos en talleres subsidiarios que no posean los calibres de límites normalizados necesarios es conveniente emplear tolerancias no normalizadas. En el rotulado del plano de herramienta

III

53

III

52

CARACTERISTICAS DE LOS PLANOS DE CONSTRUCCION DE UNIDADES AISLADAS

En la construcción de unidades aisladas o en cortísimo número pueden presentarse dos casos que interesan distinguir por lo referente al modo de realizar los planos:

- a) Máquinas o aparatos simples compuestos de pocas piezas
- b) Máquinas o aparatos complejos compuestos de numerosas piezas

Planos de máquinas o aparatos simples

El costo del proyecto es de gran importancia puesto que debe cargarse a una sola o a muy pocas unidades. Si bien la parte propiamente creativa del costo es irreductible, por lo menos debe tratarse de disminuir al mínimo la parte representada por la mano de obra de ejecución de los planos adoptando hasta donde sea posible procedimientos de dibujo abreviado, es decir de representación condensada.

Se hace un plano de conjunto general para la coordinación de subconjuntos, acompañado de todos los planos de subconjunto integrados que resulten necesarios. En tales planos de

debe dejarse constancia del símbolo de la pieza del conjunto; y de la máquina, para cuyo proceso de fabricación sirve ^{la representación} representada.

Los planos ejecutados según el estilo indicado se denominan planos de conjunto integrados, o planos de representación condensada.

Los procedimientos

En los casos en que

son sumamente complicadas y se tema que la falta de claridad en la representación sea perjudicial en la construcción es conveniente abandonar la representación condensada y recurrir a la representación extensiva, tal como para los planos de producción en masa.

(I)

55

(II)

57

subconjunto integrados el ensamble de las distintas piezas debe ser claramente mostrado, así como la configuración de cada pieza con todos los datos necesarios para construirlas, incluyendo cotas, tolerancias, ajustes, y terminación superficial. La lista de piezas y materiales se inscribe sobre cada plano de subconjunto en columnándose sobre el cajetín de rotulación desde abajo hacia arriba. Es aconsejable emplear tolerancias no normalizadas, e indicar los ajustes por sus denominaciones funcionales convencionales.

Si son muy pocas las piezas constitutivas bastará con un único plano de conjunto integrado.

Planos de máquinas o aparatos complejos

En este caso si bien podría resolverse con un plano de conjunto general de coordinación y varios planos de subconjunto integrados, no es aconsejable este proceder. La experiencia demuestra que cuando la máquina o aparato consta de muchas piezas, los dibujos por el sistema integrado se vuelven difíciles de concebir, perdier

empleando la representación por planos de pieza individuales, o extensiva, Por lo tanto éste último es el método económicamente aconsejable para el caso, con las ventajas técnicas consiguientes. Conviene aplicar tolerancias normalizadas en los planos de piezas e indicar sobre los planos de subconjunto los ajustes por sus denominaciones funcionales convencionales.

La lista de piezas y materiales debe hacerse por separado.

ESCALAS DE REDUCCION Y DE AMPLIACION

Las escalas usadas en la ejecución de planos de máquinas o aparatos son las siguientes:

1:1 - 1:2 - 1:2,5 - 1:5 - 1:10 - 1:20 - 1:50 - 1:100

Todas estas menos la segunda han sido adoptadas para la construcción mecánica, y todas por las diversas instituciones de normalización de los países que usan el sistema métrico decimal.

Sobre la escala 1:2 pesa una prevención que se extiende injustificadamente hasta pretenderse excluirla totalmente del uso argumentándose que al proyectar se presta a estimaciones erróneas acerca del tamaño de la cosa representada. Cuando se trabaja en el borrador de diseño es imprescindible imaginar las cosas en su tamaño natural, y si éste es tal que permite la representación en escala 1:1 la labor creativa resulta enormemente facilitada. Si el tamaño de la cosa exige una reducción, para poder tomar decisiones acertadas es imprescindible hacer números croquis parciales auxiliares en tamaño natural, teniendo por lo tanto poca importancia la escala efectiva que se emplee, aun que conviene que esta sea la mayor posible. Cuando se pasa

creativa ya ha sido resuelta y el único problema real que queda es hacer entrar la cosa representada dentro de los límites del papel empleando una escala compatible con la claridad de los dibujos. Muy a menudo sucede que la escala natural resulta demasiado grande para el máximo formato del papel, y la escala sea demasiado chica para mostrar bien los detalles. Forzoso es entonces recurrir a la escala 1:2. Con respecto a la prevención mencionada sobre la escala 1:2 no debe confundirse la parte creativa de la labor de proyecto con la parte puramente representativa. Dicha escala debe emplearse siempre que converga a la ejecución de los planos de fabricación.

Cuando en un mismo plano (representación condensada) se usa más de una escala se consigna en un casillero especial del cajetín de rotulación la escala del dibujo principal, y las escalas de los dibujos complementarios se consignan cerca de los mismos incluyendo la palabra "escala".

Las escalas de ampliación comúnmente

PRINCIPIOS DE IDENTIFICACION DE PIEZAS Y PLANOS

Los **códigos** de identificación de las piezas y de los planos pueden dividirse en dos tipos generales según sus principios, que son:

19- La designación de la pieza también se aplica al plano que la representa.
20- La pieza recibe una designación en cifras y letras, y el plano que la representa recibe un número de orden, estando ambos grupos de símbolos correlacionados por medio de una lista, o un fichero, o ambas cosas.

Los **códigos** del primer tipo pueden convencer cuando la empresa se dedica a producir una sola especie de máquinas o aparatos en muy pocos modelos simultáneamente, y siempre que haya plena seguridad de que el desarrollo futuro de la empresa no modifique esta situación. El agregado de nuevas especies de máquinas o aparatos a la línea de productos fabricados con la consiguiente diversidad de modelos resultante prontamente demostraría que tales sistemas de identificación son incapaces de acompañar eficientemente la complicación administrativa consecuente del crecimiento de la empresa. Llegado este caso,

usadas son las siguientes:

2:1 y 5:1

Se aplican a los casos de piezas que por su pequeñez no permiten ubicar con claridad las cotas en tamaño natural. Generalmente se trata de piezas de chapa estampada, moldeada por inyección, o moldeadas por compresión de polvos metálicos.

III

Y siendo varios los proyectos que se realicen simultáneamente, los planos se producirían con una secuencia totalmente en desacuerdo con la secuencia natural de cada proyecto, y la necesidad administrativa de llevar un registro de los planos confeccionados conduciría automáticamente a darles un número de orden de terminación. Por lo tanto los **códigos** del primer tipo de los mencionados no se adecuan a empresas (por pequeñas que sean) en las que se prevea un futuro desarrollo.

Las medianas y grandes empresas que producen una diversidad de especies de máquinas y aparatos se ven obligadas a adoptar **códigos** de identificación de piezas y planos cuidadosamente estudiados, y puestos en concordancia con la organización del archivo de los originales. Es necesario atender a las necesidades del manejo de los departamentos de producción y administración, y también a las necesidades de los proyectistas en la búsqueda de antecedentes útiles a los nuevos proyectos. Estas exigencias se cumplen adoptando **códigos** de identificación pertenecientes

MODELO DECODIGO DE IDENTIFICACION DE PIEZAS Y PLANOS

El conjunto, los subconjuntos, y las piezas de la máquina o aparato llevan cada uno de ellos una denominación (su nombre en palabras) inspirada en la forma o en la función mecánica. Los nombres se repiten accidentalmente sobre piezas distintas no pudiendo servir para distinguir inequívocamente los elementos. Por lo tanto es necesario darles además una designación simbólica, única y distinta para cada uno, que los identifique cabalmente.

Por otra parte es necesario distinguir el objeto representado de la representación, es decir el plano. Los planos deben llevar un número de orden de confección según el cual se los clasifica en el archivo para poder encontrarlos prontamente cuando se los necesita. *alfa-numérico*

Un código de identificación apto para ser aplicado al sistema de planos de producción en una empresa de mediana importancia puede sumirse en las siguientes reglas:

- Denominación.
- Nombre del elemento inspirado en la forma o en la función mecánica.

Designación (Ver cuadro ^{se})

1º) El conjunto designa por una combinación de cifras y letras que respectivamente indican el modelo y la especie de la máquina o aparato.

2º) Los subconjuntos de primer orden se designan agregando a lo anterior una cifra que indique su secuencia, empezando de 1 hasta 9, y terminando con 0.

3º) Los subconjuntos de segundo orden se designan agregando a lo anterior una cifra que indique su secuencia, empezando de 1, hasta 9, y terminando con 0.

4º) Las piezas se designan agregando a lo anterior, precedidas de un punto, una o más cifras que indiquen el número de la posición de la pieza en el último subconjunto. El punto indica que se trata de un elemento indivisible.

5º) Las fracciones de piezas que deben mecanizarse separadamente y luego unirse ^{se}

definitivamente para formar el elemento indivisible se designan agregando a lo anterior, precedidas de una barra, una o más cifras que indican el número de la posición de la fracción en el plano de pieza. La barra indica que se trata de una fracción de pieza.

Numeración

Los planos se numeran según la secuencia de su confección agregando al número un sufijo precedido de una barra que indica el formato. Los sufijos son, 0, 1, 2, 3, y 4, correspondiendo a los formatos: A0, A1, A2, A3, y A4. El archivado de los planos se hace según el formato, y guardado el orden de numeración.

La lista de piezas planos y materiales permite correlacionar las piezas con los planos. La fig. muestra un modelo de lista de piezas planos y materiales. Se enlistan solamente los elementos indivisibles. Cuando se confeccionan planos adicionales especiales de tornería, de

III

66

calderería, de modelos, etc., se hace constar su existencia en el casillero de observaciones de la lista (previa llamada en la línea correspondiente). Estos planos llevan la misma denominación y designación que los ordinarios, pero no el mismo número, y debe estampárseles una leyenda muy visible que destaque su función para que no sean confundidos.

Las piezas fabricadas y estandarizadas en el orden interno de la empresa que ordinariamente pueden aplicarse a varios modelos o especies de máquinas o aparatos no se designan del mismo modo que las piezas particulares de cada proyecto. A cada una de las piezas estandarizadas se les aplica una designación que las distingue para siempre, y que puede ser una abreviatura (por ejemplo "estn de estandar) seguida de un símbolo que se les haga corresponder para diferenciarlas entre las de su especie. Con tal designación deben figurar siempre en todas las listas de piezas planos y materiales. Los planos llevan el número de orden correspondiente al momento en que se confeccionan por primera y única vez.

El mismo criterio anterior se aplica a las piezas o accesorios ordinariamente fabricados y provistos por terceros, los cuales se designan también por una abreviatura (por ejemplo "com" de comercial) seguida por la identificación simbólica dada por el fabricante, o simplemente por la norma correspondiente, si es que existe. De estas piezas no se confecciona plano sin perjuicio que la oficina técnica lo solicite al fabricante reservándolo para uso de los proyectistas.

La lista de piezas planos y materiales se confecciona en tamaño normalizado A4.

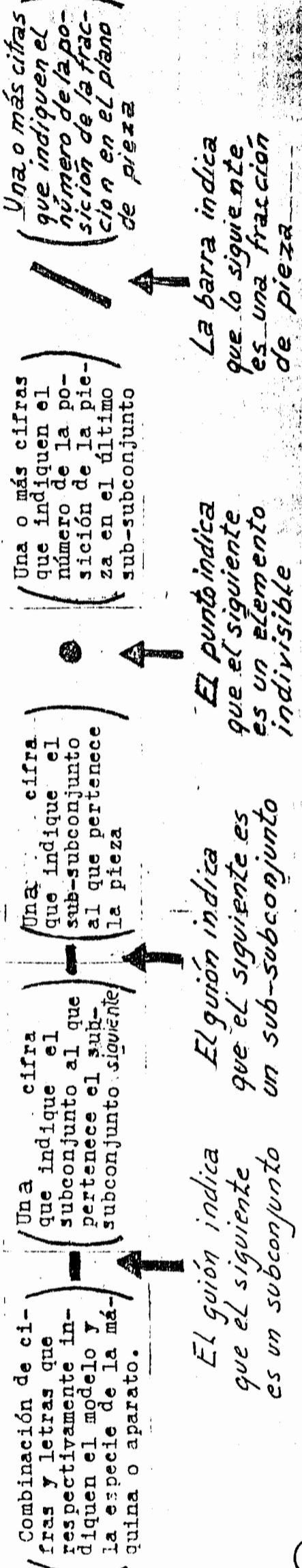
fracción de pieza

pieza

subconjunto 2º orden

subconjunto 1º orden

conjunto



III

68

Formación de las Designaciones

FORMATO DE LOS ORIGINALES Y PLEGADO DE LAS COPIAS

Los planos originales de cualquier clase que sean se ejecutan indefectiblemente sobre papel transparente. Por razones de clasificación y archivo, así como de manejo de las copias heliográficas es recomendable usar hojas de papel de los formatos normalizados que han sido adoptados por todas las instituciones de normalización de los países que emplean el sistema métrico decimal. Los formatos que conviene para el dibujo mecánico se designan por:

A0 ; A1 ; A2 ; A3 ; A4

Las medidas de ancho y de alto de las hojas pueden verse en la tabla referidas a la fig. . Las normas prevén formatos más reducidos que el A4, pero no son recomendables para el dibujo de máquinas.

Las hojas se colocan en el tablero de dibujo con medidas algo mayores para prenderlas de los bordes con chinchas, y poder sacarlas y ponerlas reiteradas veces sin estropear el área efectiva. Una vez terminado el dibujo se recortan a la medida nominal. En todos los formatos el margen izquierdo se deja de 25 milímetros para poder ser

las copias que deben encarpetarse. Los otros márgenes son de 10 milímetros en todos los formatos excepto en el formato A4 en que es de 5 milímetros.

Los originales transparentes no se pliegan jamás para archivarlos por que las marcas de los pliegues aparecen en las copias, y por que con el manoseo inevitable el papel envejece y se corta por los pliegues. Se archivan dispuestos horizontalmente sin plegar, en muebles especiales de cajones con alojamientos para los distintos formatos (fig.). Del archivo solamente se los saca para hacer copias, reintegrándolos a su lugar después. Todo el personal de la empresa fabril trabaja con las copias, cualquiera que sea su necesidad, y nunca con los originales.

El área de rotulación se deslinda con un sello de goma tocando los márgenes del ángulo inferior derecho del plano, y su ancho es preferible que no sea mayor que el que queda entre los márgenes laterales del formato A4 menos 5 milímetros por exigencias del plegado, es decir 175 milímetros. El alto del sello puede ser cualquiera según convenga a la clase de plano de que se trate.

72

73

pueda convenir para usar sobre planos de piezas.

La fig. muestra un modelo de sello que

puede convenir para usar sobre planos de conjunto o de subconjunto. La fig. muestra un modo

de uso de sello que puede convenir para usar sobre

planos de dispositivos. Cada uno de estos ejemplos

contiene casilleros para ubicar los datos considerados

indispensables para el manejo de los planos de cada clase, pudiendo aplicarse perfectamente a

las necesidades de empresas de mediana importancia.

Los planos de piezas compuestas de partes o fracciones

soldadas entre sí para formar la unidad invisible

deben indicar cada fracción con un número de posición del mismo modo que los planos de conjunto.

Los números de posición se enlistan de abajo hacia arriba sobre el sello,

al cuál deben agregársele a mano los encabezamientos

adecuados como muestra la fig.

Las copias heliográficas se pliegan y se

encarpetan en biblioratos de anillos. Todas las copias,

cualesquiera sean sus formatos, se pliegan (menos el A4) siguiendo un orden sistemático tal

quedando reducidas aparentemente al formato A4, y pudiendo así perforarse y encarpetarse por el margen izquierdo. Las figuras

muestran claramente la secuencia del plegado de los formatos usuales. Es conveniente

reforzar el papel en la zona de las perforaciones pegando un cartón de 148 milímetros de ancho por

210 milímetros de alto al dorso de las copias de formatos A0, A1, y A2. El plegado se facilita

mucho auxiliándose con dos plantillas rectangulares de madera o de metal, una de 210 milímetros por

297 milímetros, y otra de 185 milímetros por 297 milímetros

FIG. 175

Escala		Material		Tolerancia General		Tolerancia sup. no mec.		Tolerancia superficial		Normas	
Revisado		Firma		Fecha		SECCION DE INGENIERIA		Recomp. por		Designación	
Plano No.		Temp. #1		Denominación de la pieza							

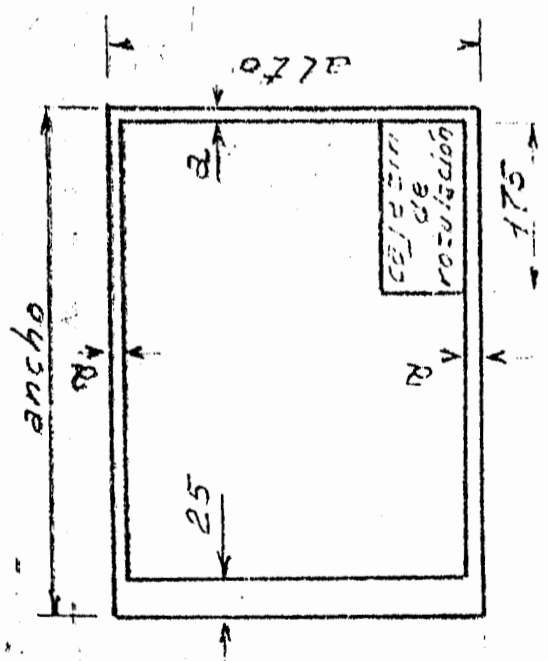


FIG. 174
FORMATO DE LOS ORIGINALES

FORMATO	ANCHO X ALTO	MARGEN a
A0	1189 x 841	10
A1	841 x 594	10
A2	594 x 420	10
A3	420 x 297	10
A4	210 x 297	5

TABLA
FORMATO DE LOS ORIGINALES

MODELO DE CAJETIN DE ROTULACION PARA PLANOS DE DISPOSITIVOS

Fig. 173

No	Denominación del dispositivo				
	Revisado			Plaza	
	Urbujado			Conjunto	
	Escala		Firma	Fecha	
Pos. Cant.	Denominación		Material y dimensiones		Norma

MODELO DE CAJETIN DE ROTULACION PARA PLANOS DE CONJUNTO Y SUBCONJUNTO

Fig. 174

(RAZON SOCIAL)	Denominación del (sub)conjunto				
	Revisado			Reamp. por	
	Urbujado			Reamp. al	
	Escala	Firma	Fecha	Plano No	

su opinión. tener confianza en uno mismo

Si antes de hacernos cargo de un proyecto hemos medido cuidadosamente las dificultades y la magnitud de la obra y la hemos estimado compatible con nuestra capacidad, frente a un contratiempo ocasional no debemos perder la confianza en llegar al éxito pronto. Perseverancia, paciencia y mucho trabajo esperan sin llegar jamás al desánimo frente a las dificultades.

Observar con espíritu crítico

El conformismo con lo existente es enemigo de las innovaciones. La percepción de las imperfecciones hace surgir la necesidad de las reformas y los cambios para hacerlas desaparecer. Debe observarse todo con espíritu crítico sin jamás aceptar que lo que está hecho es lo que se lo alcanzable. Todo es susceptible de mejora. La perfección es una ilusión pasajera.

Juzgar con amplitud de criterio

Examine críticamente una solución propuesta por otro, pero también examine si existen modos de salvar los impedimentos que usted ha encontrado. No rechace nunca una idea sin antes haber cumplido con justicia la segunda parte del análisis. Sobre todo si la idea no es suya.

PROCEDIMIENTOS PARA ENCONTRAR IDEAS

DE DISEÑO

Los procedimientos para encontrar ideas de diseño pueden clasificarse bajo tres títulos:

- 1) Estudio de los antecedentes
- 2) Trabajo creador individual
- 3) Trabajo creador de grupo

El primer procedimiento es inexorable no aplicar lo, cualquiera que sea el proyecto. Siempre debe esperarse por conocer los antecedentes. Si no se conoce su existencia es necesario efectuar una búsqueda.

Si se trata de un proyecto de pequeña o mediana envergadura un solo proyectista responsable puede bastar. El se encargará de informarse y asesorarse para encontrar la idea clave de la solución.

Si se trata de un proyecto de gran envergadura que implica una considerable inversión de medios económicos para asegurarse un "barrido completo" de las posibilidades de diseño, las empresas requieren la aplicación de métodos grupales bien conocidos y aceptados.

Estudio de los antecedentes

Reunir lo más exhaustivamente posible toda la información acerca de productos de la competencia en el mercado y estudiar cuidadosamente sus principios básicos. Catálogos, folletos, artículos de revistas especí-

III

82

lizadas nacionales y extranjeras deben revisarse buscando todo aquello que tenga conexión con el problema de diseño.

Las patentes de diseño deben también ser investigadas. La Oficina de Patentes, de cada patente concedida hace una ficha que contiene la principal reivindicación y un dibujo de conjunto. Todas las fichas se encuentran a disposición del público que puede consultarlas en el Ministerio de Industria y Comercio. El estudio de las patentes de invención es una fuente extraordinariamente fértil de nuevas ideas. En una mente imaginativa con preparación técnica la vista panorámica del conjunto de soluciones propuestas para un mismo problema engendra siempre nuevas combinaciones de las que alguna puede llegar a ser viable. Por otra parte debe tenerse en cuenta que la mayor parte de las patentes ha caducado por haber expirado el plazo de protección otorgado por la ley. La protección se aplica a condición de que el invento se explote comercialmente dentro del plazo de dos años de expedido el título de propiedad de la patente. Son numerosísimos los casos en que esta condición no ha podido cumplirse, tal vez por razones ajenas al valor técnico de la idea, pasando ésta a ser del dominio público.

La revisión de patentes es indispensable para asegurarse de no cometer involuntarias violaciones de patentes

III

83

de desastrosas consecuencias económicas. No obstante en la mayor parte de los casos con un poco de ingenio puede eludirse legalmente una patente con modificaciones que a su vez también conviene patentar.

Los agentes de patentes y marcas pueden brindar un eficaz servicio de asesoramiento si se requiere seguridad legal, tanto para la búsqueda de patentes existentes como para la tramitación de las propias.

Cuando los problemas a resolver implican funciones de magnitudes físicas correlacionadas, la solución puede estar en algún efecto físico particular poco o mal conocido por el proyectista. Conviene consultar los manuales de física dedicados al registro de leyes y efectos especiales.

Libros técnicos, revistas especializadas en la industria particular, como asimismo revistas de diseño mecánico (que son muy pocas en el mundo), tal vez esté demás decir que no deben ser ignorados. Trátándose de problemas de diseño de cierto nivel científico será bueno tomar contacto con las publicaciones oficiales de las academias e corporaciones científicas correspondientes.

Es importante tomar contacto personal con expertos en la ingeniería de proceso del problema que se pretende resolver. De allí puede extraerse mucha información y

II

54

valiosa que sugiera ideas viables. Ello dependerá de la habilidad con que se conduzcan las conversaciones.

Trabajo creador individual

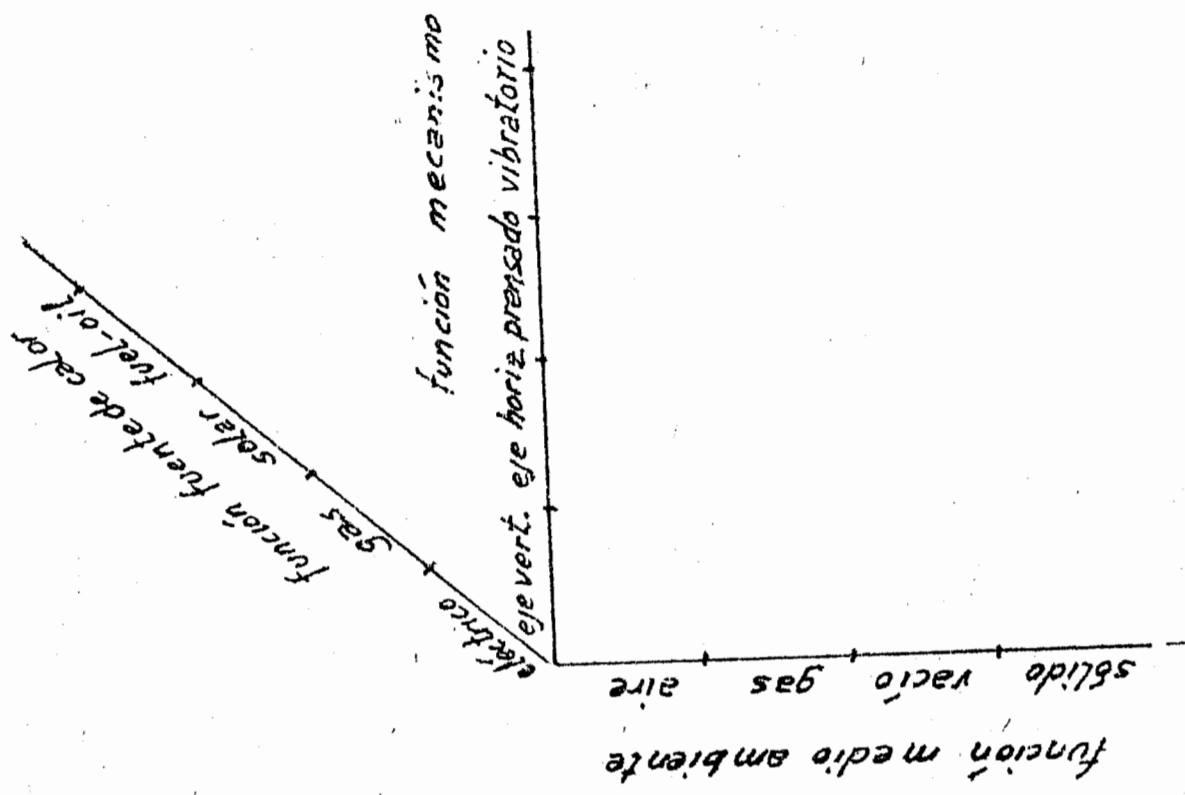
1) Análisis morfológico:

Habiendo ya determinado previamente las funciones físicas requeridas por el producto y teniendo la lista de los medios posible para efectuar esas funciones, el análisis morfológico suministra un procedimiento viable para estimular la asociación de funciones con los medios.

Sintéticamente se procede como sigue:

- a) Determinar las dos o tres funciones principales requeridas por el sistema ideado. Cada función se hace corresponder con un eje coordenado al cual le da el nombre.
- b) Sobre cada eje (función) distribuya los medios conocidos para efectuar esa función
- c) Haga la lista de las combinaciones posibles de medios que resuelvan el problema.
- d) Analice cada una de las combinaciones y asigneles un valor.
- e) Elija la que parezca mejor y más viable.

Ejemplo aplicado al desarrollo de un secarropas industrial:



III

36

2) Estudio de la naturaleza;

El estudio de la naturaleza desde el punto de vista técnico científico demuestra que gran cantidad de seres vivientes poseen complicados sistemas de funcionamiento cuyo estudio e imitación sobre las máquinas sería altamente deseable. En ese sentido muchos laboratorios especializados en el mundo están haciendo un asiduo trabajo de investigación. Ya se han logrado conocimientos que confirman inventos previamente exitosos y alientan la invención de otros. El sonar de los buques y submarinos lo tienen los murciélagos y los del finca, por ejemplo. El poder increíble de orientación que tiene las palomas está siendo estudiado. También el poder de visión de algunos animales en la total obscuridad, como asimismo muchos otros casos que los gobiernos mantienen en la más absoluta reserva por razones de seguridad.

Este campo de investigaciones se denomina "biónica". La biónica presenta actualmente un promisorio futuro.

3) Creación analítica.

Es el proyecto y diseño empleando modelos matemáticos transformables en programas computacionales que permiten la búsqueda de las mejores soluciones siguiendo un método previamente organizado o por el "bruido" total de la zona de posibilidades. Puede emplearse

III

37

emplearse computadoras digitales o analógicas según la necesidad del caso.

En la búsqueda de diseños optimizados es la única vía posible para encontrar soluciones satisfactorias y seguras. Con el portatense desarrollo alcanzado por la computación éste es el camino indicado para resolver la orientación que debe darse a todos los problemas de diseño suficientemente complejos como para merecer el costo de la investigación analítica.

Trabajo creador de grupo

En la primera etapa de un gran problema de proyecto de ingeniería es muy útil reunir en grupo a un conjunto de personas (ingenieros y afines a la ingeniería) con la finalidad de recabar opiniones a primera vista sobre el problema planteado y sus posibles soluciones intuitivamente emitidas con toda libertad y sin ninguna responsabilidad futura. Tales sesiones de grupo deben planearse cuidadosamente para asegurarse la utilidad de la información recogida, la cual debe quedar documentada y clasificada. Estas sesiones se denominan de "tormenta de ideas" (brainstorming).

La tormenta de ideas es un famoso método que ha dado excelentes y espectaculares resultados. Es un procedimiento colectivo para generar gran cantidad de soluciones

para un problema de proyecto estimado difícil e importante, sin consideración inmediata de su valor ni de su totalidad.

En una sesión de tormentas de ideas participan miembros de una misma empresa provenientes de diferentes departamentos: de la oficina técnica de proyectos; del departamento de producción; del departamento de ventas; del departamento servicio mecánico; del departamento de control de calidad; diseñadores industriales de producción; personas agregadas al solo título de ejercitar el sentido común (generalmente una secretaria inteligente y bonita si es posible).

La sesión es dirigida por un conductor o moderador, quien es la persona que conoce el problema y tiene a su cargo la función de exponerlo al grupo y recabar las opiniones personales de cada integrante. Existen algunas reglas prácticas para conducir la sesión y son las que siguen:

- a) Enunciar el problema con claridad y concisión destacando lo esencial que se persigue.
- b) Impedir que se emitan juicios de valor y discusiones entre los participantes. Los juicios se generarán en otra oportunidad.
- c) Anotar muy sintéticamente las ideas emitidas por los participantes en un gran pizarra puesta en el frente.

d) Estimular a los participantes a dar ideas sin ningun temor a la crítica posterior, sin inhibiciones. Es importante que haya espontaneidad. Cuanto más brutalmente revolucionaria sea la idea mejor. Convencer a los participantes que no se juegan el prestigio dejando vagar la imaginación.

- e) tomar nota de la autoría de cada idea.
- f) Admitir modificaciones sobre ideas ya expuestas.
- g) Estimular el relajamiento y el humor de los participantes con comentarios oportunos y amables.
- h) Limitar la duración de la sesión a una hora como máximo para evitar la fatiga y el desinterés consecuentes.
- i) Resumir todas las ideas expresadas, clasificarlas de algún modo para poder evaluarlas posteriormente.

Una sesión de tormenta de ideas normalmente debe producir una larga lista de soluciones presuntas del problema planteado, generalmente unas ocho o diez por persona. Si las personas participantes han sido bien dirigidas la lista de soluciones obtenida bien vale el costo que representa el tiempo insumido por el grupo. La lista obtenida debe ser posteriormente analizada y cada idea evaluada muy cuidadosamente.

El análisis de cada una de las ideas propuestas y su evaluación final le hace el ingeniero jefe del

III

90

proyecto posteriormente en privado o con sus colaboradores inmediatos. Por supuesto, también las decisiones estarán a su cargo.

El procedimiento de la tormenta de ideas se puede aplicar de modo más profundo llevando el trabajo hasta la determinación de la solución finalmente adoptada. En tal caso se forma un grupo de personas con un criterio de selección más restringido que en el caso anterior. Los participantes en número de cinco o seis personas, deberán ser proyectistas con experiencia en temas afines al problema planteado y de reconocido juicio equilibrado, capaces de mantener un cambio de ideas desapasionadamente sin crear fricciones personales. El trabajo total debe realizarse a través de varias sesiones. Cada asistente recibirá la información preliminar por escrito para que no haya dudas iniciales que hagan perder el tiempo en aclararlas. Las sesiones serán presididas por el ingeniero jefe del proyecto. El trabajo comprende las siguientes etapas:

- 1) Planteo del problema de proyecto
- 2) Sesión de sugerencia de ideas (tormenta de ideas)
- 3) Evaluación preliminar
- 4) Discusión de aspectos particulares de las ideas valoradas.
- 5) Evaluación final.
- 6) Revisión

III

91

7) Informe final

8) Finalización

Planteo del problema - El presidente expone el problema y sus condicionamientos. Contesta las preguntas aclaratorias hasta que el punto quede agotado. El planteo puede ocasionalmente modificarse.

Sesión de sugerencia de ideas - El presidente debe lograr que cada uno de los asistentes no tenga reparos en lanzar ideas sin ningún análisis previo. Debe impedir las discusiones para mantener la fluidez de la imaginación. Un ayudante enlista las ideas y propiciantes.

Evaluación preliminar - Cada miembro estudia la lista y califica las soluciones ordenándolas por su valor estimado. El presidente y sus ayudantes recorren las evaluaciones individuales y forman la lista de orden de preferencia a la vez a conocer.

Discusión de aspectos particulares de las ideas mejor valoradas - Se revisan y discuten los criterios de evaluación utilizados y la forma de aplicarlos a las mejores soluciones (las que obtuvieron mayores preferencias). Se proponen ideas para mejorar algunas de las soluciones y se las discute.

Evaluación final - Se efectúa una sesión de evaluación final limitada a las mejores soluciones con el propósito de que cada uno de los participantes pueda

III
00
ratificar o rectificar su opinión y decir su último punto de vista. Dura el tiempo requerido para la decantación de las ideas.

Revisión - El grupo se reúne, cada uno con sus conclusiones redactadas que se intercambian y discuten reciprocamente con sentido crítico. Finalmente no habiendo modificaciones se entregan las conclusiones individuales a la presidencia.

Informe final - El presidente examina junto con ayudantes los resultados individuales, forma una tabla para dejar constancia de lo actuado, evalúa resultados y finalmente redacta su propia decisión eligiendo una solución entre las mejores fundadas en su opinión.

Finalización - El informe final es dado a conocer por la presidencia.