NACIONES UNIDAS

CONSEJO
ECONOMICO
Y SOCIAL

LIMITADO

ST/ECLA/CONF.11/L.12
19 de diciembre de 1962

ORIGINAL: ESPAÑOL

SEMINARIO SOBRE PROGRAMACION INDUSTRIAL

Patrocinado conjuntamente por la Comisión Económica para América Latina, el Centro de Desarrollo Industrial de las Naciones Unidas y la Dirección de Operaciones de Asistencia Técnica, con la cooperación de los grupos ejecutivos de la industria brasileña (GEIA, GEIMAPE, GEIMET, GEIN), de la Confederaçao Nacional da Industria, y de la Federaçao das Industrias do Estado de São Paulo
São Paulo, Brasil, 4 al 15 de marzo de 1963

CRITERIOS Y ANTECEDENTES PARA LA PROGRAMACION DE LA INDUSTRIA DE MAQUINAS-HERRAMIENTAS

Documento preparado por el consultor Ing. Franco Vidossich y presentado por la Secretaría de la CEPAL

Nota: Este documento está pendiente de revisión editorial.

INDICE

/Capítulo I

Capítulo I

PROBLEMAS CARACTERISTICOS DEL SECTOR

1. Generalidades

De una manera general, se entiende por máquinas-herramientas aquellas máquinas que mediante su propia acción dinámica o estático-dinámica definen formas geométricas predeterminadas en metales, madera u otros materiales, tanto en frío como en caliente. Para los fines de este estudio es necesario adoptar una definición más restringida con el objeto de facilitar la investigación de algunas leyes generales, seleccionando aquellas máquinas que presentan problemas de fabricación más homogéneos y similares. De este modo, las máquinas aquí consideradas se refieren a las que se emplean para el trabajo de metales en frío con producción de viruta y con un peso por unidad hasta 10 ÷ 15 toneladas, como asimismo a aquellas de deformación, limitadas a los modelos de prensas mecánicas, prensas hidráulicas de bajo tonelaje, guillotinas, dobladoras y cilindradoras.

No es posible aplicar ciertas consideraciones y las conclusiones de esta nota para algunos tipos de máquinas altamente especializados, y para aquellas compuestas con unidad de potencia para grandes series de producción en vista de que se trata de casos especiales.

El objetivo del presente trabajo es realizar un análisis del sector en su aspecto general, tratando de delimitar el campo de acción técnico práctico y económico de las empresas constructoras, e indicando además, cómo el concepto de "economía de escala", ligado tan estrechamente a los efectos aplicativos de las máquinas en estudio una vez que han sido instaladas en los talleres, tiene un significado diferente cuando se aplica a la construcción de máquinas-herramientas. De este modo puede observarse que, en la mayoría de los casos, los fabricantes de máquinas-herramientas están condicionados al problema de economía de escala más en lo referente a los resultados prácticos de sus propios productos que en cuanto a la construcción misma de las máquinas.

A diferencia de lo que sucede en otros sectores de la industria mecánica en los cuales puede producirse un mismo modelo durante mucho tiempo, la fabricación de máquinas-herramientas, con excepción de algunos tipos sencillos,

/evoluciona constantemente,

evoluciona constantemente, tanto en sus detalles como en su composición general, en vista de la necesidad de procurar siempre una mayor productividad a un mismo precio, peso o potencia. Esta característica del sector se refleja en el hecho de que sean relativamente poco repetidas las series de fabricación de productos iguales. Pero debe tenerse en cuenta que este hecho es una consecuencia natural de las exigencias cada vez mayores de las empresas consumidoras sobre la "economía de escala", que presentándose en la práctica en formas tan diversas, se reflejan sobre los fabricantes de máquinas-herramientas en la selección de la tecnología más apropiada para cada caso.

Puede añadirse desde luego, que la composición de la demanda de máquinas-herramientas está vinculada a la calidad, la variedad de los productos y las series de fabricación de los mismos. Así puede observarse que durante la iniciación del desarrollo de la industria mecánica en general en los países de escasa industrialización, la demanda de máquinas corresponde a tipos elementales para mantención y fabricación de productos simples. Como en esta fase la demanda es poco variada en tipos y modelos, favorece la construcción de las máquinas apropiadas en serie superior por ejemplo a la centena, lo que representa, en la fabricación de máquinas-herramientas del orden de una tonelada de peso, una serie elevada. Sin embargo, a medida que la cantidad de máquinas-herramientas de un país aumenta y que se introducen nuevos productos al mercado, no hay duda de que se realiza un cambio sustancial en las exigencias de los usuarios, que procuran obtener en primer lugar el tipo de máquina más adecuado desde el punto de vista tecnológico (mayor variedad) y, en segundo término, según la serie, la máquina de mayor productividad. Estos dos factores admiten implicitamente una evolución tanto en la preparación técnica del usuario que se refleja sobre los fabricantes como de éstos que buscaran nuevas soluciones de mayor productividad a las ya alcanzadas por las máquinas en manos de los usuarios.

Este efecto recíproco de causa-efecto y efecto-causa es progresivo conforme aumenta el grado de industrialización de un país. De esta manera, a medida que la demanda de máquinas-herramientas especialmente aptas para mantención y producciones pequeñas y simples se va desplazando en favor

/de aquellas

de aquellas de semiproducción y producción, se cae en una serie de problemas cada vez más aplicados que tienen como consecuencia final la fabricación de una variedad muy grande de tipos, modelos y accesorios con diferentes grados de automatización.

De lo anteriormente expuesto se deduce cuán difícil es que coincidan las exigencias de una demanda muy diversificada y la construcción en grandes series de máquinas-herramientas. Debe recordarse aquí que existió un período - hasta poco antes de la segunda guerra mundial - durante el cual las diversas escalas de producción de artículos mécanicos se obtenían simplemente mediante la instalación de un número mayor o menor de máquinas iguales. La tendencia tecnológica que prevalece actualmente, lejos de eliminar la multiplicidad de tipos y modelos de máquinas, trata de encontrar cada vez con mayor empeño el proceso tecnológico más adecuado a cada caso para la obtención de diferentes capacidades productivas por metro cuadrado de fábrica.

Debe considerarse como hecho normal que un fabricante de máquinas-herramientas de categoría usine alrededor de 10 000 piezas diferentes de cuatro o cinco modelos, y adquiera de terceros millares de piezas para complementar su fabricación. Si se admite un promedio de 4 operaciones por pieza puede observarse que el fabricante deberá dominar 40 000 operaciones diferentes. Aun suponiendo series del orden de 30 a 40 máquinas de cada modelo, repetidas 3, 4, ó 5 veces por año, puede verificarse el orden de magnitud de las operaciones en un año, siendo fácil por lo tanto deducir cuáles serán las consecuencias técnicas, organizativas y de programación que atañen a los fabricantes de dichas máquinas.

Como caso extremo, podría decirse que el máximo de productividad y de producción se obtendría en algunos sectores sólo con máquinas especiales y complejas fabricadas a medida; en otras palabras, la fabricación de productos mecánicos en escala máxima para los usuarios se obtiene mediante la escala cero para los fabricantes.

Las observaciones anteriores, aunque de orden general, indican una cierta relación de proporcionalidad inversa entre la serie del consumidor y la del fabricante de máquinas-herramientas, aunque, desde luego, con diferentes órdenes de magnitud.

/Desde este

Desde este punto de vista no parecen aceptables sino en casos muy definidos y por lo tanto no generalizados, las recomendaciones formuladas por el Profesor Melman[1/] en relación con la producción sistemática de máquinas-herramientas en grandes series y con un elevado rendimiento de fabricación.

Por las razones ya señaladas en el sector de la fabricación de máquinas-herramientas el método de análisis tradicional de los problemas de economías de escala - que consiste en determinar las variaciones en los inversiones y en los costos para diversos tamaños de fabricación de un producto de naturaleza definida - parece poco apropiado.

En este estudio se ha seguido, por consiguiente, el camino inverso, que constituye el único medio susceptible de llegar a consideraciones generales de cierta utilidad en el análisis del sector. Con esta intención se han seleccionado cinco tamaños de empresas constructoras de máquinas, estableciéndose de antemano los equipos y la mano de obra directa e indirecta a ser empleados - cada uno correspondiendo a una estructura determinada - mediante los cuales es posible producir una vasta gama de tipos y modelos de máquinas. Hecho esto, se analizan a continuación las posibilidades y conveniencia de una producción dada en relación con cada tamaño de empresa, introduciendo y considerando el mayor número posible de variables, a fin de llegar, a través de un análisis de conjunto, a un enfoque de los problemas técnicos y económicos más característicos existentes en el sector.

Por tratarse de construcciones en series generalmente reducidas, la selección de los equipos para la fabricación de máquinas-herramientas está influenciada principalmente por factores de carácter técnico, tales como calidad, complejidad, naturaleza de las dificultades de usinaje, peso, etc. Estos factores se analizan en su oportunidad para cada empresa, llegando a establecerse en línea de máxima, el campo de acción más conveniente o posible para cada una de ellas.

1/ "Rapport Melman" de 1959 sobre la industria de máquinas-herramientas en los países miembros de la OECE, a invitación de la Agence Européene de Productivité.

/Los dos

Los dos primeros tamaños de empresa representan situaciones técnicas embrionarias y por lo tanto de carácter artesanal, pero no dejan de ser útiles, especialmente en los países de bajo índice de industrialización. Los dos últimos indican estructuras completas de fábricas especializadas que están en condiciones de producir máquinas complejas para mercados más desarrollados, y la quinta empresa se encuentra en el término medio y representa una especie de transición entre la producción artesanal y aquella de elevado valor industrial.

En vista de que se trata de un análisis de conjunto, tanto los valores adoptados como las conclusiones generales indican siempre situaciones intermedias. Las informaciones básicas correspondientes a los primeros tres tamaños de empresa se han obtenido en su mayor parte de un estudio sobre la industria de máquinas-herramientas en el Brasil[2/] en tanto que para las demás empresas los datos de referencia han sido proporcionados por algunas firmas constructoras de Europa occidental.

Finalmente, debe agregarse que el método que se ha adoptado en este estudio - de considerar al mismo tiempo un vasto conjunto de productos con fábricas de características técnicas muy diferentes - representa una tentativa original cuyo último objetivo es favorecer la formación y la selección de ideas básicas frente a las nuevas iniciativas que se presentan frecuentemente en este sector, en particular en los países que recién comienzan el desarrollo de su industria mecánica.

2. Las variables consideradas

a) Máquina, tipo, modelo, accesorio y equipo

En lenguaje corriente se emplea el término máquina para designar a un torno, una fresadora o una prensa excéntrica. El tipo determina ya una de las posibles variantes en la construcción de una máquina; en el caso de las fresadoras, por ejemplo, existen los tipos universal, horizontal, vertical, simplex, duplex, para chavetas, copiadora, especial, etc.

2/ CEPAL, "La industria de máquinas-herramientas del Brasil: elementos para la programación de su desarrollo" (E/CN.12/633), agosto de 1962.

/A su

A su vez, el modelo indica principalmente el tamaño de cada tipo que se relaciona directamente con la capacidad de trabajo, la potencia instalada y otras características de la máquina.

El tipo y el modelo pueden ir acompañados de una serie de accesorios standars bastante variados en forma, complejidad y peso que a veces ofrecen al usuario mayores capacidades de empleo.

En el caso de máquinas de producción, el equipo standard es sustituído de modo general por otro que se ha estudiado o adaptado especialmente para determinadas necesidades, como por ejemplo los alimentadores de piezas. En su mayor parte, los propios constructores estudian, fabrican y proporcionan estos equipos viéndose obligados de esta manera a integrarse a los problemas productivos del usuario en una forma mucho más intensa que en el caso del fabricante de máquinas universales.

En general, tanto los accesorios como los equipos constituyen series de fabricación suplementarias que se sobreponen a las series de máquinas con valores diferentes, contribuyendo así al aumento de los factores variables que influyen en su fabricación.

b) Indice de complejidad de las máquinas

El primer obstáculo que se enfrenta al llevar a cabo el presente estudio es la gran variedad de tipos y modelos que existen para una misma máquina, lo que complica la comparación de las dificultades de fabricación entre ellas. Así por ejemplo, afirmar que la fabricación de un torno paralelo es más fácil que la de un torno revólver de igual potencia no significa nada, e incluso puede ser a la inversa.

A fin de que las máquinas sean en cierto modo comparables una con otra, se hace necesario introducir un número índice I_c, denominado "índice de complejidad", que represente la cantidad más significativa y característica de las dificultades de usinaje. De esta manera es posible cuantificar, incluso con cierta aproximación, el grado de complejidad de diferentes tipos y modelos de máquinas.

En una primera tentativa, el índice I_c se define como la suma de varias categorías de elementos de máquinas simples o compuestas, como se indica a continuación:

/$I_c = a_1$

$$I_c = a_1 + a_2 + a_3 + a_4 + a_5$$

siendo:

a_1 - Número indicador de la cantidad de engranajes y poleas

a_2 - Número indicador de los ejes de transmisión, las cremalleras, las roscas de movimiento y los motores. Debe recordarse que los ejes de transmisión están relacionados con los apoyos y consecuentemente con los alesados de precisión en cuerpos fundidos para la sede de rodamientos y bujes.

a_3 - Número indicador de la cantidad de acoplamientos, fricciones, frenos, levas, palancas internas y externas. Este grupo de elementos se relaciona con el grado de mecanización de los comandos y de las programaciones en general.

a_4 - Número de planos y guías que sirven de apoyo para aquellas partes que estando en movimiento o bloqueadas, son indispensables para determinar un ciclo de trabajo.

a_5,1 Número de aparatos utilizadores e intermediarios, filtros, bombas, tanques comunicados a los circuitos de librificación, refrigeración, neumático y oleo-dinámicos.[3/]

a_5,2 Número de pistones y rotores.[3/]

Aunque incompletos, los elementos de máquinas aquí considerados parecen suficientes para diferenciar, en una primera aproximación, los diversos grados de complejidad que existen entre una máquina y otra, en relación con el usinaje. Por ello no se tomaron en cuenta los circuitos eléctricos, electrónicos y las programaciones de tipo no cinemático, en vista de que no están ligados, como los otros factores mencionados, al problema del usinaje.

En el gráfico I se muestran los índices I_c calculados para algunas máquinas, pudiendo observarse, entre otras cosas, la elevada variación de I_c que puede existir en un solo tipo de máquina.

En base a la definición anterior y al cálculo de los índices I_c para diferentes modelos de máquinas (sin accesorios ni equipos) resulta que I_c puede fraccionarse en varios grupos - I_{c1}, I_{c2}, I_{c3} e I_{c4} - que representan, respectivamente, los cuatro grupos de complejidad siguientes:

3/ Para a_5,1 y a_5,2 se considera el valor de 0.5 cuando se trata de elementos adquiridos de terceros y de 2 para aquellos que son usinados por el fabricante.

/Gráfico I

I_{c1} - Máquinas cinemáticamente muy simples
I_{c2} - Máquinas cinemáticamente medio complicadas
I_{c3} - Máquinas cinemáticamente complicadas
I_{c4} - Máquinas con complicados circuitos cinemático, hidráulico, neumático y lubricación
I_{c4} - Idem, pero con programación del ciclo de trabajo mediante cinta perforada, cinta magnética y otros métodos (no considerados en este trabajo).

Los valores numéricos de I_c pueden establecerse por lo tanto como se indica:

I_{c1} - De 10 a 50
I_{c2} - 50 a 100
I_{c3} - 100 a 200
I_{c4} - 200 a 400

c) Peso de las máquinas

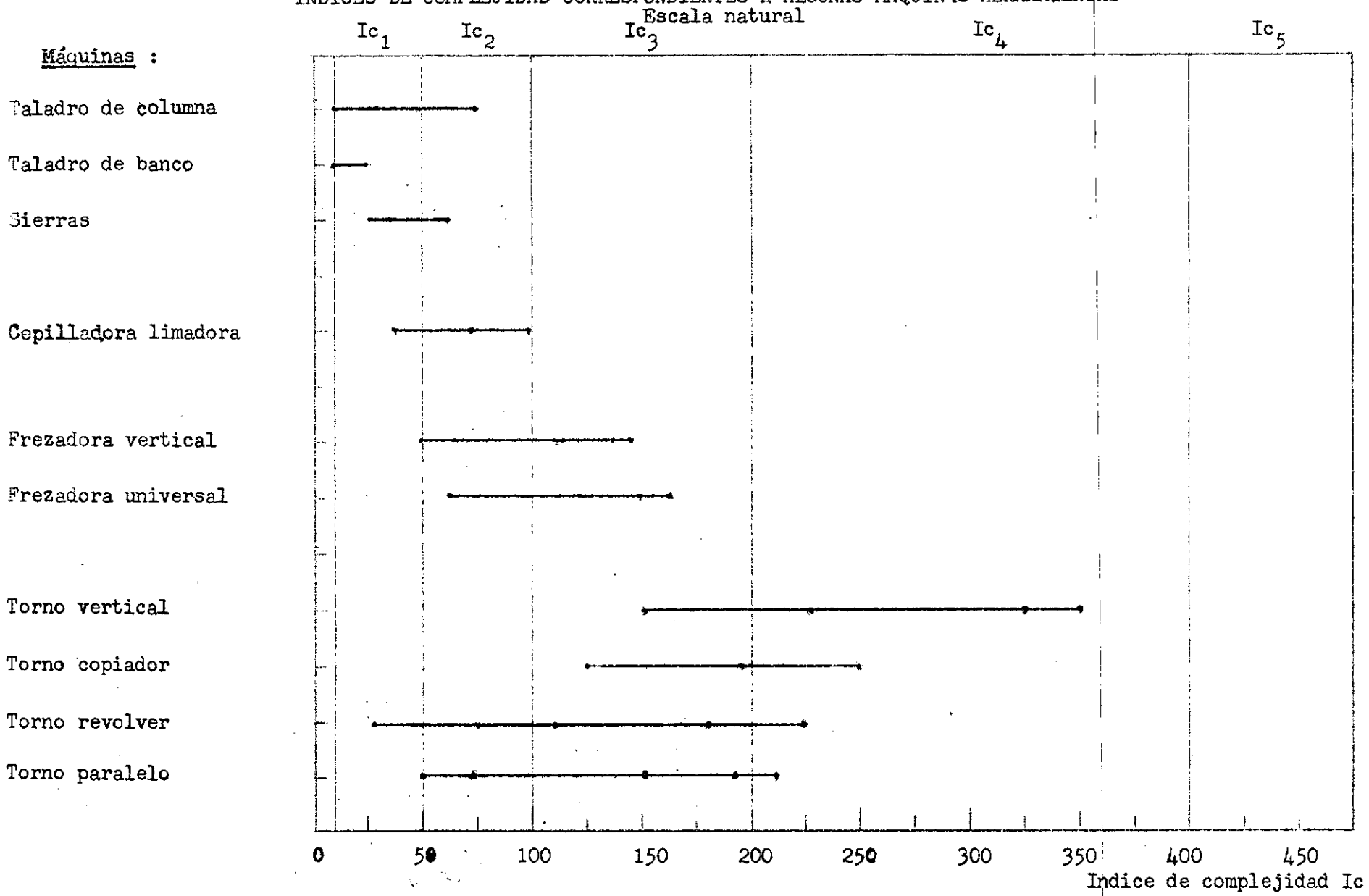
La práctica de la construcción sugiere que también en lo que respecta al peso de las máquinas se considere un coeficiente de corrección que indique las mayores dificultades que pueden enfrentarse al construir máquinas pesadas frente a aquellas de menor tonelaje, para igual índice I_c. Sin embargo, resulta difícil cuantificar estas diferencias sin llevar a cabo una investigación detallada junto a un número elevado de fabricantes y sería aconsejable en consecuencia que tanto éste como otros argumentos originales relativos al presente estudio, que por el momento se tratan con el único propósito de encuadrar el problema en sus líneas más generales, se reelaboraran posteriormente, una vez que se haya recogido la información necesaria.

El camino más lógico a seguir para considerar la influencia del factor peso sería al parecer la adopción de una clase de precisión ISO 7, por ejemplo, verificando a continuación para la serie H las dificultades reales encontradas en el alesado entre 20 y 500 mm. Relacionando el peso de las máquinas con el valor promedio del alesado y las tolerancias con las cuales son usinadas, se encontraría una distribución relativa que podría tomarse como base de referencia. En las notas siguientes se hará sólo el comentario del factor peso.

/d) Calidad de

Gráfico I

INDICES DE COMPLEJIDAD CORRESPONDIENTES A ALGUNAS MAQUINAS-HERRAMIENTAS



Nota: Para este gráfico solo se consideró un número limitado de modelos de máquinas.

d) Calidad de las máquinas

El factor calidad es otra variable importante en el análisis del sector y no puede ser ignorado. El criterio más difundido para juzgar la calidad de una máquina consiste en la verificación de la misma de acuerdo con las normas Schlesinger o Salmon. Siguiendo dichas normas se sabrá sólo, y a posteriori, si la máquina fue construída dentro o fuera de las especificaciones, pero esta constatación no es suficiente para el presente trabajo debido a que no menciona las dificultades que enfrenta el fabricante cuando produce dentro, fuera o en los límites superiores de los valores citados en las normas.

A fin de establecer una clasificación para el factor calidad que sea de una cierta utilidad, aunque de carácter empírico, ella puede dividirse en tres clases posibles y reales, a saber:

Q_1 - Calidad de las máquinas deliberadamente construídas de manera que los resultados de las pruebas sean siempre inferiores a las recomendaciones mínimas mencionadas en las normas.

Q_2 - Calidad de aquellas máquinas que superan sólo una parte de las pruebas o que, debido a materiales no apropiados o al diseño de conjuntos y detalles deficientes, mantienen sólo durante breve tiempo de empleo la precisión inicial.

Q_3 - Calidad de las máquinas que siguen siempre las normas y que están en condiciones de mantener la precisión inicial durante mucho tiempo, exigiendo para ello sólo un servicio de mantención normal.

Q_3- Calidad de las máquinas de elevada precisión, como por ejemplo las jib boring machines que no se consideran en este trabajo.

Hecho esto podría establecerse un criterio que indicara las diferentes operaciones que serían necesarias conforme se trate de máquinas de calidades Q_1, Q_2 y Q_3, tomando como base el número de controles ejecutados sobre cada pieza usinada - que resultan diferentes para los tres casos indicados - comprobándose así cierta relación con la calidad final del producto.

Se sabe que para alcanzar la calidad Q_1 en la mayoría de los casos, es suficiente el empleo de calibres con lectura de 1/20 hasta 1/50 de milímetro, y que las precisiones en la confección de acoplamientos o de planos se dejan al arbitrio del propio operador.

La categoría Q_2 exige ya por parte del constructor más conocimientos de metrología, mayor cantidad de instrumentos de medición y un mínimo de controles de calidad incluso en la fase de ejecución de las piezas.

Para alcanzar la categoría Q_3 los constructores deben realizar importantes esfuerzos, en vista de que es norma casi general efectuar el control de todas las operaciones de usinaje en la sección especializada de metrología.

Naturalmente, estos tres casos se diferencian también en el instrumental utilizado, el nivel técnico del personal y las horas indirectas empleadas en los controles de calidad.

Tomando ahora como punto de referencia el número de controles que los fabricantes acostumbran efectuar sobre las piezas componentes y las máquinas, y considerando además que las operaciones por cada pieza pueden variar en promedio entre 4 y 6 resulta.

Q_1 - 1 control por pieza
Q_2 - 2 a 3 controles por pieza
Q_3 - 4 a 6 controles por pieza

Estos datos pueden transcribirse también como se indica a continuación:

	Q_1	Q_2	Q_3
1 pieza = 4 operaciones	1	2	4
1 pieza = 6 operaciones	1	3	6

Desde otro punto de vista, es posible admitir una cierta relación entre las calidades Q de las máquinas y la tolerancia de trabajo ISO que, de acuerdo con informaciones prácticas recogidas junto a los fabricantes, resulta ser aproximadamente la siguiente:

Q_1 - Calidad correspondiente a ISO H_{10}-H_{11}
Q_2 - calidad correspondiente a ISO H_8
Q_3 - calidad correspondiente a ISO H_7
Q_3 - calidad correspondiente a ISO H_7

Se pasa de la precisión 7 a la 8 multiplicando el campo de tolerancia de la primera por 1.56, y de precisión 7 a 10 y 11 multiplicando por 3.8 y 5.9 respectivamente. A título ilustrativo, podría decirse por lo tanto

/que la

que la calidad Q_1 es 3.8 o 5.9 más fácil de obtener, a igualdad de cualquier otro factor que la calidad Q_3 y 2.4 ó 3.8 veces más que la Q_2.

Analizando ahora estos dos criterios, que llevan a relaciones bastante similares, se adoptan los valores intermedios 1,3 y 5, que equivalen a suponer que

Q_1 es 3 veces más fácil de usinar que Q_2
Q_1 es 5 veces más fácil de usinar que Q_3
Q_2 es 1.7 veces más fácil de usinar que Q_3

Esta relación, que refleja de manera aproximada las dificultades que se encuentran al usinar máquinas de calidades diferentes, es asimismo suficientemente indicativa para las finalidades contempladas en el presente estudio.

e) Tamaño de las empresas

Con el objeto de analizar el sector en su aspecto más general posible, deben considerarse diversos tamaños de empresas constructoras, comenzando por la dimensión artesanal hasta llegar al tamaño de fábrica que cuenta con los recursos técnicos adecuados para llevar a cabo la construcción de cualquier tipo de máquina.

Se admite aquí que en el sector de fabricación de máquinas-herramientas la estrecha relación existente entre tamaño y posibilidad técnica ejecutiva es más acentuada que en otros sectores de la mecánica y que, de un modo general, se antepone a la relación tamaño-serie de fabricación.

Se eligen por lo tanto cinco tamaños de empresas Te; las dos primeras Te_1 y Te_2, con 20 y 50 personas respectivamente, se caracterizan por el elevado porcentaje de horas directas o productivas en relación con las indirectas o improductivas. Poseen medios de producción precarios y en consecuencia sólo pueden fabricar productos simples, de baja calidad y de bajo precio por kilogramo; estas empresas deben su existencia especialmente a aquellas áreas de consumo en que la demanda de máquinas-herramientas se encuentra todavía en su etapa inicial y que se dedican a la mantención y la producción de artefactos metálicos de composición elemental.

/El tamaño

El tamaño Te_3, con 100 personas, tiene una mayor capacidad técnica respecto a los anteriores, pudiendo llegar a fabricar máquinas Q_3 de bajo índice I_c. En este tamaño el porcentaje de indirectos puede alcanzar hasta un 25 por ciento del total del personal, con beneficios tanto para la calidad del producto como para la estructura organizativa. No obstante, en línea de máxima debe considerarse que la empresa Te_3 representa más una etapa transitoria en la evolución de las empresas que un punto de equilibrio técnico-económico.

Mediante los tamaños Te_4 y Te_5, con 250 y 500 personas, respectivamente, se obtienen estructuras fabriles más completas, sea desde el punto de vista técnico o del organizativo. El porcentaje de mano de obra indirecta aumenta en relación con Te_3, hecho éste que admite implícitamente la posibilidad de proyectar, estudiar, experimentar y construir productos complejos y de alta responsabilidad, en calidad Q_3.

Para los tamaños superiores al Te_5, que aquí no se consideran, debe pensarse de un modo general que el aumento del número de personas y de máquinas está vinculado en forma más estrecha al crecimiento de la producción que a los factores señalados anteriormente. En otras palabras, los tamaños superiores a Te_5 se justifican por los mayores volúmenes de fabricación o por una diversificación más grande de la producción. Debe señalarse además, que la mayoría de las empresas superiores a Te_5 mantienen una producción bastante diversificada en una serie de fabricación más bien reducida. Para estas empresas pueden entonces considerarse válidas ciertas observaciones y resultados referentes a la empresa Te_5.

En base a informaciones recogidas en el Brasil y en Europa occidental junto a empresas que dedican toda su actividad a la construcción de máquinas-herramientas y que además trabajan exclusivamente con diseños e investigaciones propias, la subdivisión de la mano de obra directa e indirecta resultó, en promedio, como se indica en el cuadro 1 y en el gráfico II.

/Cuadro 1

Cuadro 1

PERSONAL DIRECTO E INDIRECTO EN LAS 5 FABRICAS

Te	Personal total	Personal directo con máquinas		Personal directo manual		Total personal directo		Total personal indirecto	
		Número	Porciento	Número	Porciento	Número	Porciento	Número	Porciento
Te_1	20	16	80	3	15	19	95	1	5
Te_2	50	34	68	9	18	43	86	7	14
Te_3	100	56	56	19	19	75	75	25	25
Te_4	250	95	38	57	23	152	61	98	39
Te_5	500	140	28	125	25	265	53	235	47

La falta de una clasificación que indique con precisión lo que se entiende por personal directo e indirecto podría dar origen a interpretaciones diferentes. Por ello en el cuadro 2 se clasifican todas las actividades indirectas, indicándose la existencia o carencia de ellas para cada tamaño de empresa. De esta manera resaltan las profundas diferencias estructurales que corresponden a los diversos tamaños Te y, por consiguiente, los diferentes potenciales técnicos que pueden alcanzarse.

De este modo, luego de seleccionar un criterio para definir las calidades Q, los índices de complejidad I_c y las estructuras de los 5 tamaños T_c, y teniendo en cuenta asimismo las máquinas y equipos indicados en el Capítulo II, es posible determinar el campo de trabajo más conveniente para cada industria. La experiencia práctica comprueba que para la mayoría de los casos, existe una compatibilidad lógica de los valores señalados en el gráfico III y en el cuadro 3.

/Cuadro 2

Cuadro 2

DESCRIPCION DE LAS ACTIVIDADES INDIRECTAS

Denominación	Te_1	Te_2	Te_3	Te_4	Te_5
Taller (obreros y maestros)					
Operador auxiliar de máquina	-	-	-	x	x
Preparación del trabajo sobre máquinas	-	-	-	-	x
Transportes manuales internos	x	x	x	x	-
Transportes mecanizados internos	-	-	x	x	x
Mantención	a/	a/	x	x	x
Herramientas	a/	a/	x	x	x
Construcción de plantillas, máscaras y equipos	-	b/	b/	x	x
Depósito de herramientas	-	-	x	x	x
Depósito general	-	-	x	x	x
Sección de metrología	-	-	-	x	x
Embalaje y encajonamiento	-	-	-	x	x
Expedición	c/	c/	c/	x	x
Encargado de servicios auxiliares	-	-	x	x	x
Maestre	x	x	x	x	x
Contramaestre	-	x	x	x	x
Taller (empleados)					
Ingenieros	-	-	-	x	x
Oficina técnica para cálculo de trabajos a trato	-	-	-	-	x
Oficina técnica para diseño de plantillas y máscaras	-	-	-	d/	x
Oficina de planificación de la producción	-	-	-	x	x
Oficina de distribución de fichas de producción	-	-	-	x	x
Coordinación de compras	-	-	-	x	x
Ensayos, laboratorio e investigaciones	-	-	-	-	x

Cuadro 2 (Conclusión)

Denominación	Te_1	Te_2	Te_3	Te_4	Te_5
Oficinas (empleados)					
Técnico	e/	e/	x	x	x
Contabilidad	e/	x	x	x	x
Costo	-	-	x	x	x
Administración	f/	e/	x	x	x
Ventas	f/	f/	x	x	x
Compras	f/	f/	x	x	x
Exportaciones	-	-	-	-	x
Gerencia	-	-	x	x	x
Servicios generales					
Aseo	a/	a/	x	x	x
Portería	-	-	-	x	x
Servicios externos	-	-	-	x	x
Transportes externos	-	-	-	x	x
Guardias	-	-	-	x	x

a/ Operaciones realizadas por el propio obrero encargado del usinaje.
b/ Trabajo efectuado con operarios directos.
c/ Colabora el mismo personal de montaje.
d/ Elaborado por los empleados de la oficina técnica central.
e/ Colaboración de terceros a tiempo parcial.
f/ Actividades desarrolladas personalmente por el propietario.

/Cuadro 3

Cuadro 3

CAMPO DE TRABAJO DE LAS EMPRESAS

(Condiciones medias)

Tamaño	I_{o1}			I_{o2}			I_{o3}			I_{o4}		
	Q_1	Q_2	Q_3	Q_1	Q_2	Q_3	Q_1	Q_2	Q_3	Q_1	Q_2	Q_3
Te1	10-50	10-50		50-100	50-62	-	100-125	-	-	-	-	-
Te2	10-50	10-50	10-50	50-100	50-100	-	100-200	-	-	-	-	-
Te3	-	10-50	10-50	-	50-100	50-100	100-200	100-175	100-125	200-250	-	-
Te4	-	-	-	-	-	50-100	-	100-200	100-200	-	200-300	200-250
Te5	-	-	-	-	-	-	-	-	100-200	-	-	200-400

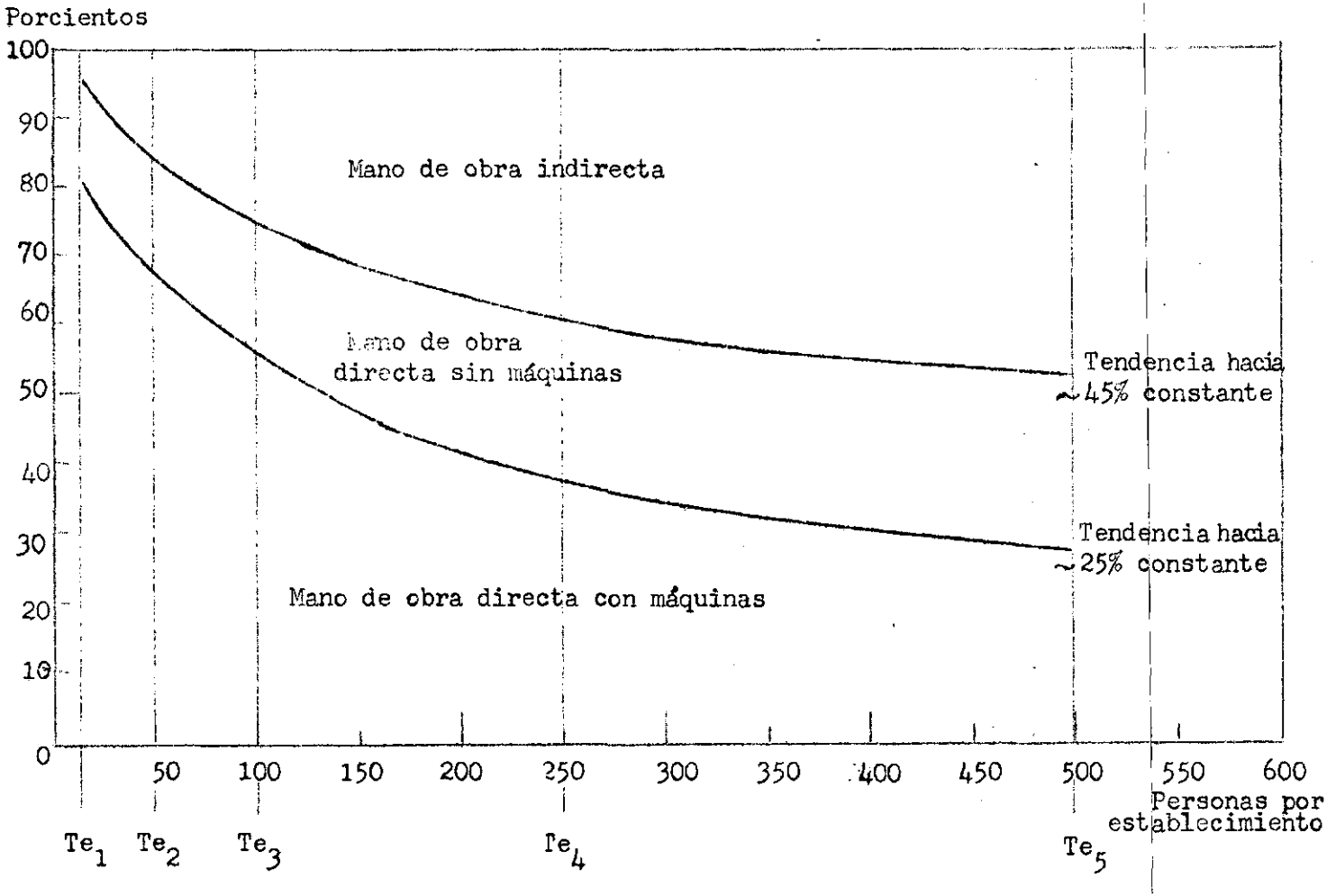
/Gráfico II

Gráfico II

DISTRIBUCION DE LA MANO DE OBRA DIRECTA E INDIRECTA

(Porcientos)

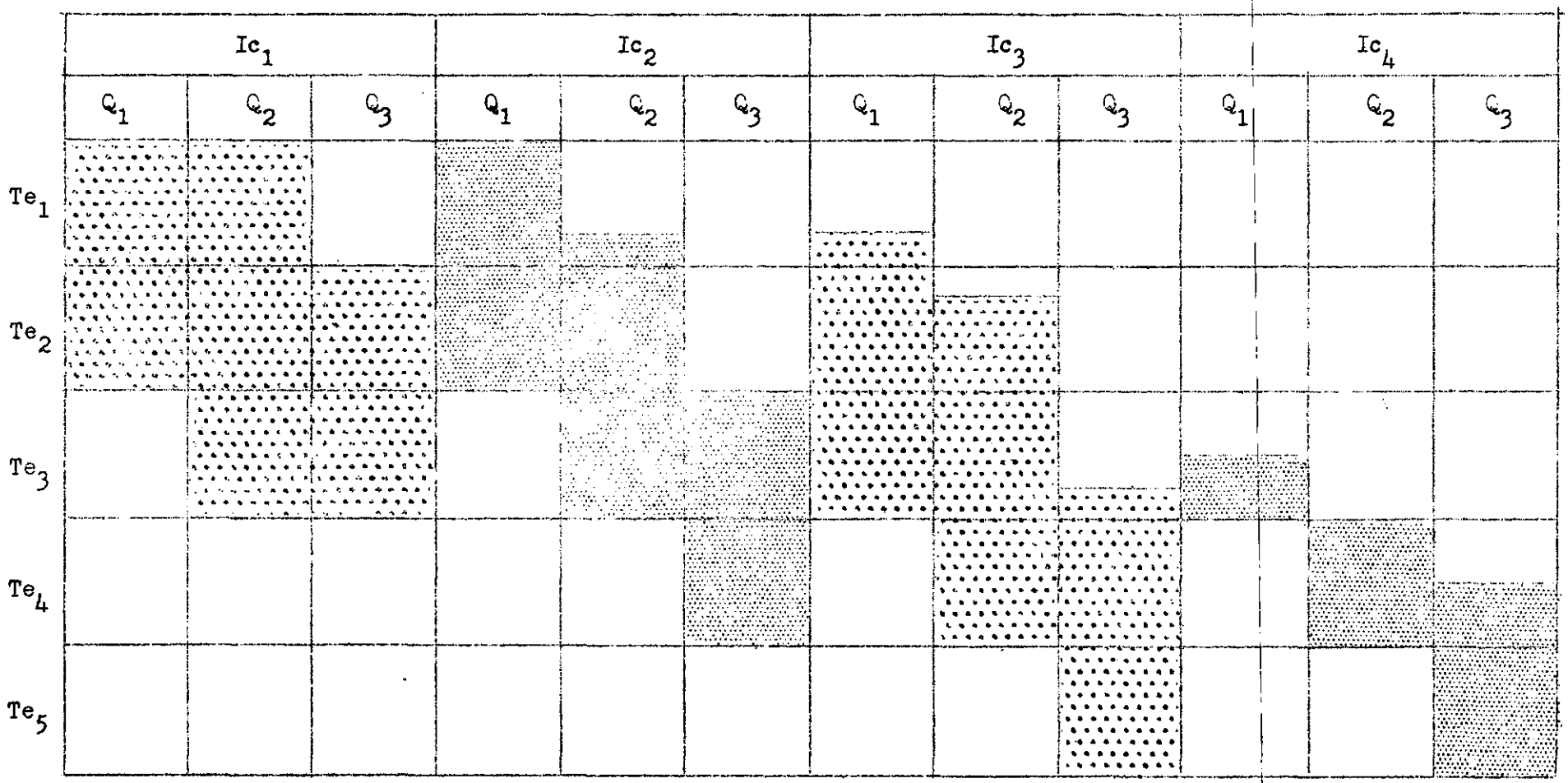
Escala natural



/Gráfico III

Gráfico III

CAMPO DE TRABAJO DE LAS EMPRESAS



/Los valores

Los valores del cuadro 3 pueden escribirse en la forma que se indica a continuación, destacándose los valores límites de I_c en función de Q.

	Valores de I_c para		
	Q_1	Q_2	Q_3
Te_1	10-125	10- 62	-
Te_2	10-200	10-100	10-50
Te_3	100-250	10-175	10-125
Te_4	-	100-300	50-250
Te_5	-	-	100-400

Se hace así posible efectuar el cálculo de los valores promedios de I_c, que resulta de interés conocer.

	Valores promedios de I_c para		
	Q_1	Q_2	Q_3
Te_1	67.5	36.0	-
Te_2	105.0	55.0	30.0
Te_3	175.0	92.5	67.5
Te_4	-	200.0	150.0
Te_5	-	-	250.0

Si se colocan estos datos en diagrama I_c, Te (gráfico IV), puede apreciarse cómo, siempre en base a las posiciones asumidas anteriormente, la marcha de los valores promedios de I_c hacia la calidad Q_3 tiende a una constante para tamaños superiores a Te_5, mientras que para Q_1 y Q_2 puede aceptarse un progreso rectilíneo.

Cabe señalar aquí una última observación referente al campo de trabajo de las empresas, en el sentido de que es necesario diferenciar las posibilidades de ejecución de la conveniencia de fabricar algunos productos. De esta manera, considerando las calidades Q puede apreciarse que:

/Gráfico IV

Te_1	puede ejecutar productos	Q_1	Q_2	-
Te_2	puede ejecutar productos	Q_1	Q_2	Q_3
Te_3	puede ejecutar productos	Q_1	Q_2	Q_3
Te_4	se interesa en productos	-	Q_2	Q_3
Te_5	se interesa en productos	-	-	Q_3

dentro de los índices de complejidad I_c determinados anteriormente.

Se sobreentiende que Te_4 y Te_5 pueden fabricar los productos de las empresas inferiores, pero ello no parece recomendable en base a la estructura adoptada y tampoco resultaría económicamente conveniente debido al elevado costo operacional de estas empresas. Por el contrario, el campo de acción definido para los tres primeros Te corresponde a los propios límites máximos de trabajo en función de Q e I_c.

Las notas anteriores proporcionan una idea general de cómo pueden operar técnicamente las diversas empresas dentro de las estrechas relaciones existentes entre Q e I_c, demostrándose una vez más, cuán característicos son los problemas que comprende este sector.

f) Series de fabricación

Entre todos los factores ya considerados, tal vez son las series de fabricación las que se presentan como las más variables, debido a que en la práctica están influídas por innumerables causas.

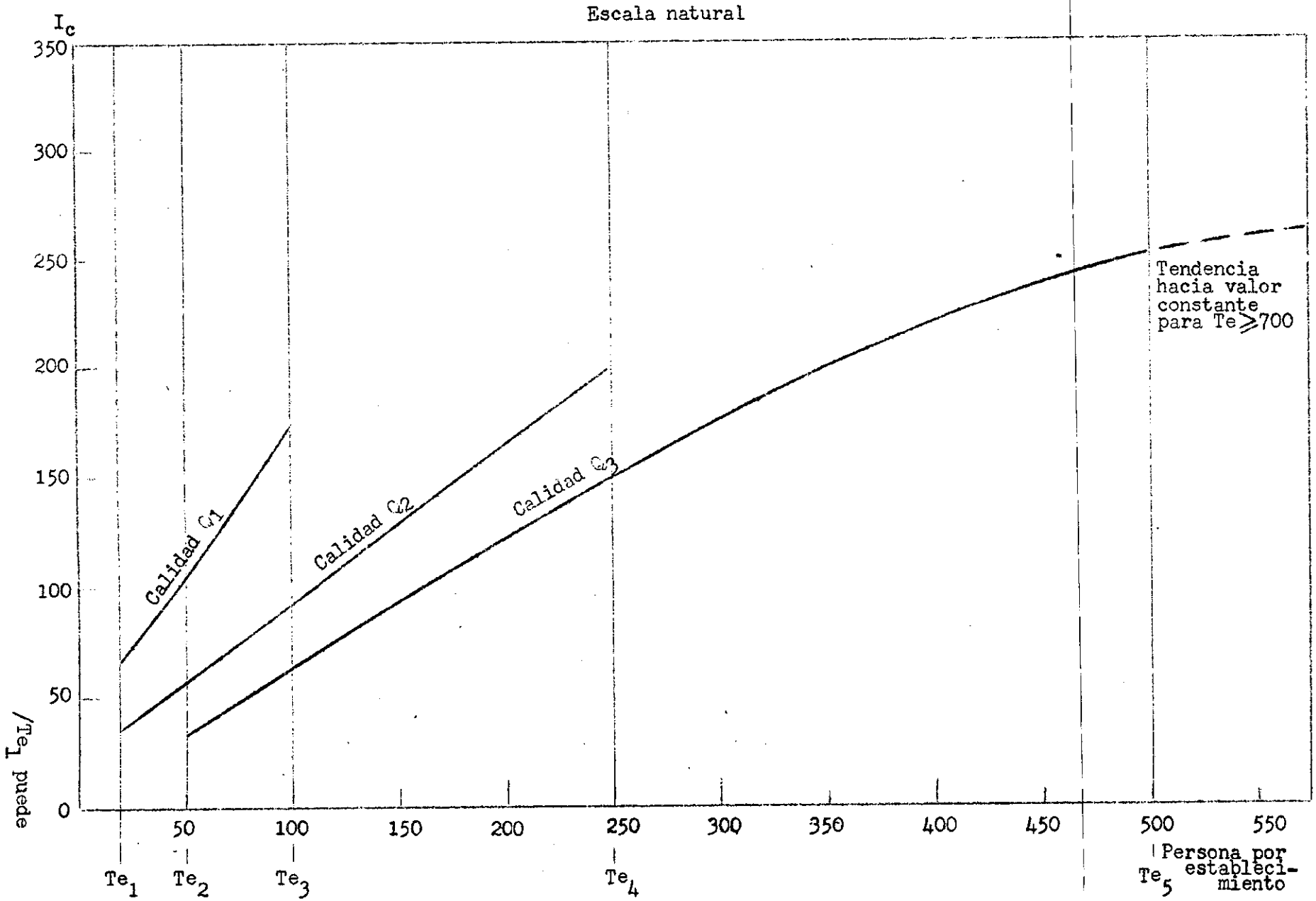
Se ha señalado de un modo general que el orden de magnitud de las series se mantiene siempre bajo aún más para los tamaños Te estudiados y que no corresponden necesariamente a los máximos que se verifican en la práctica. La diversificación de tipos y modelos, junto a la elevada cantidad de piezas diferentes que componen las máquinas son elementos tan característicos de este sector que no permiten que se trate el factor serie en la misma forma que se acostumbra hacerlo para otros.

Esto no quiere decir que no pueda demostrarse con cierta exactitud de cálculo la conveniencia (menor costo) de construir 80 fresadoras universales por mes en el tamaño Te_a que 30 con Te_b y, por consiguiente, puede determinarse la estructura óptima de cada una de estas empresas.

/Por otro

Gráfico IV

CAMPO DE TRABAJO POR TAMAÑO DE EMPRESA
(Valores promedios)
Escala natural



Por otro lado, una vez determinado el producto con Q, I_c y peso, es posible asimismo establecer los costos de producción y las inversiones correspondientes variando las series hasta valores irreales en función de tamaños de firmas hipotéticos. Es necesario repetir aquí que esta manera de enfrentar el problema no es de ningún interés práctico, e incluso puede constituir una fuente de errores de interpretación y llevar a una orientación falsa. De un modo general, puede llegarse a comprobar que es conveniente producir en series más elevadas de las que puede absorber el mercado nacional y con ello se admitiría implícitamente que el esquema de la máquina no sufriría alteraciones durante mucho tiempo.

Por lo tanto, a fin de reforzar las ideas que se desprenden de la variedad de producción y de las bajas series, se enumeran a continuación los principales argumentos que aparecen siempre como sus determinantes:

i) Las estadísticas indican en forma sistemática que la demanda de máquinas-herramientas en diversos países ha sido siempre variable tanto en peso como en número en los últimos 50 años.

ii) Existe una tendencia cada vez mayor de que el constructor estudie la máquina más adecuada para las diferentes "economías de escala" del consumidor.

iii) En consecuencia, la construcción de equipos complementarios y especiales - que algunas veces llegan a ser tanto o más complicados que las máquinas mismas - asume una importancia creciente.

iv) Frente a una demanda variable, el fabricante manifiesta interés en construir diferentes modelos para un mismo tipo, a fin de asegurar una venta más regular.

v) Por la misma razón citada en iv), el interés del fabricante puede dirigirse hacía la construcción de más de un tipo de máquina.

vi) La construcción de un tipo de máquina en varios modelos constituye una garantía para el usuario de que el fabricante domina en forma más completa el campo de su especialización y que por lo tanto no se trata de una inprovisación.

vii) Es muy probable que el usuario requiera para su propia producción más de un modelo de máquina por tipo, en vista de lo cual le conviene unificar lo más posible las marcas de las máquinas empleadas

/(facilidad para

(facilidad para efectuar los cálculos de producción y mantención y, eventualmente, posibilidad de utilizar elementos comunes).

viii) La división de la producción total en varios modelos estimula al constructor para introducir modificaciones e innovaciones estructurales y marginales en sus propios productos en una forma mucho más efectiva que si se tratase de producir un modelo único. De hecho, ello asegura una mayor continuidad en la producción y hace posible además explorar la aceptación en el mercado de las innovaciones, sin que para ello sea necesario intervenir con la totalidad de la producción.

ix) Por último, puede decirse que la fabricación de un tipo de máquina en más de un modelo constituye siempre una señal de prestigio para el constructor.

Como se deduce de lo anterior, el campo de acción más conveniente para un fabricante de máquinas-herramientas es construir como mínimo un tipo de máquina en modelos diferentes alterándose como consecuencia de ello las series anuales para un determinado tamaño de empresa. Si a esto se agrega el lanzamiento en producción de modelos y tipos varias veces en el curso del año, se comprueba fácilmente que las series repetitivas alcanzan un orden de magnitud bastante reducido. (Véase al respecto el cuadro 6 del capítulo II.)

En realidad, siempre que es posible, el constructor trata de "defenderse" de las series demasiado bajas, a través de los principios siguientes:

i) Lanzar la fabricación de las piezas menudas una o dos veces por año. El almacenamiento de ellas no constituye una inmovilización importante de capital.

ii) Estudiar los productos de manera que las piezas mecánicas pequeñas sean comunes para varios tipos y modelos de máquinas (unificación interna).

iii) Estandardizar al máximo las piezas adquiridas de terceros (menor cantidad de herramientas para las aplicaciones), incluso el material eléctrico.

/iv) Unificar al

iv) Unificar al máximo las medidas diametrales, roscas, perfiles ranurados, tornillos, tolerancias y piezas de todo tipo.

v) Unificar al máximo los módulos y número de dientes de los engranajes.

vi) Proyectar las máquinas, en la medida de lo posible, como una composición de grupos compactos mecánicos, hidráulicos, neumáticos y de lubrificación que se unan a un volumen principal - siendo dicha estructura por consiguiente funcional - a fin de permitir el empleo de algunos otros grupos en máquinas de modelo (y por lo tanto de tamaño y potencia) diferente.

vii) Como consecuencia de ello, abandonar la idea tradicional de incorporar en las estructuras monobloque todas las transmisiones que no son de fuerza - por lo tanto de baja potencia - que pueden aplicarse exteriormente con una simplificación sensible en el usinado de las piezas pesadas, obteniéndose al mismo tiempo de esta manera una mayor agilidad para eventuales modificaciones.

viii) Menor uso de fuente motriz única para la mayoría de los servicios y movimientos de las máquinas, en lugar de la instalación de varios motores, lo que entre otras ventajas trae consigo la simplificación del usinado resultante de la disminución de las trasmisiones a distancia.

ix) Para una misma función con potencias diferentes, diseñar piezas similares.

A fin de enfrentar entre otros, el tipo de problemas arriba enumerados, para construir sus propias máquinas el fabricante se vale generalmente de medios de producción que son en su mayoría universales, y por lo tanto tradicionales. En consecuencia, para que los productos puedan fabricarse dentro de números de horas-hombre directas por 100 kilogramos (Hs/100) razonables, el constructor se ve obligado a prestar el máximo de atención a los equipos auxiliares de producción y a las herramientas.

La tentativa de una cuantificación sistemática de la serie mínima de fabricación tendría significado, aunque simplemente informativo, si se aplicara a grupos homogéneos de máquinas. En vista de que en estas notas

/se han

se han formulado observaciones generales para la casi totalidad del sector, bastará transcribir, a título ilustrativo, el promedio de las series mínimas de fabricación que fueron constatadas junto a varios fabricantes para máquinas con un peso de hasta 15 toneladas, y de las más diferentes.

Tamaño	Series mínimas repetitivas para máqinas de toneladas				
	5	2÷5	1÷2	1÷0.5	0.5
Te_1	-	-	4	9	12
Te_2	-	-	5	11	15
Te_3	-	3	6	14	18
Te_4	3	4	9	20	26
Te_5	4	5	12	24	32

Capítulo II

LA PRODUCCION EN LAS EMPRESAS

1. Capacidad productiva de las empresas, expresada en toneladas

Es posible calcular el tonelaje anual de los productos terminados para cada empresa aun haciendo abstracción del tipo o modelo de máquina. Para ello es suficiente considerar de un lado el número total de horas-hombre directas, Hs disponibles en un año en cada empresa Te y, de otro, el número de horas-hombre directas necesarias para fabricar 100 kilogramos de producto Hs/100.

En el capítulo anterior no se especificaron, a propósito, para hacerlo ahora, cuáles son las actividades denominadas directas, en virtud de estar ellas más ligadas al Hs/100 aquí considerado. Estas se presentan en forma resumida en el cuadro siguiente, para cada empresa.

Cuadro 4

DESCRIPCION DE LAS ACTIVIDADES DIRECTAS

Denominación		Te_1	Te_2	Te_3	Te_4	Te_5
1)	Limpieza y preparación de las piezas fundidas	a/	b/	x	x	x
2)	Trazado	x	x	x	x	x
3)	Operarios con máquinas directas	x	x	x	x	x
4)	Rasqueteadura	a/	b/	x	x	x
5)	Montaje	x	x	x	x	x
6)	Pintura	x	x	x	x	x
7)	Rodaje	-	a/	x	x	x
8)	Controles finales de acuerdo con las normas	a/	c/	c/	x	x

a/ Poco.

b/ Escaso.

c/ Parcial.

Las curvas de producción anual P trazadas en función de Hs/100 se indican en el gráfico V, donde puede constatarse la amplitud del campo comprendido por las mismas, como asimismo el hecho de que existe superposición

en el tonelaje producido por las empresas, lo cual resulta difícil de admitir. Entretanto, considerando que en la práctica se ha verificado que la producción por persona[1/] y por año fluctúa entre 2 y 4 toneladas según el tipo, modelo, tamaño y eficiencia organizativa-productiva, es posible delimitar el campo de producción de las empresas. Para ello es suficiente sobreponer un haz de curvas - fácilmente calculable - para valores de p entre 2 y 4 toneladas por persona y por año, desapareciendo así la interferencia de producción entre una firma y otra. El problema definido de esta manera proporciona una idea de conjunto bastante clara, permitiendo al mismo tiempo entrever el panorama para los tamaños superiores a Te_5, que resulta fácilmente extrapolable, debido a la baja inclinación de las curvas P y p.

Ahora bien, si en lugar de considerar las horas directas Hs determinadas anteriormente para Te_3, Te_4 y Te_5 - que podrían parecer elevadas en algunos casos más simples de construcción[2/] - se toman otras inferiores a éstas, como por ejemplo de 5, 10 ó 15 por ciento, puede comprobarse que para introducir las correcciones respectivas basta con trasladar horizontalmente las curvas P en ese mismo porcentaje.

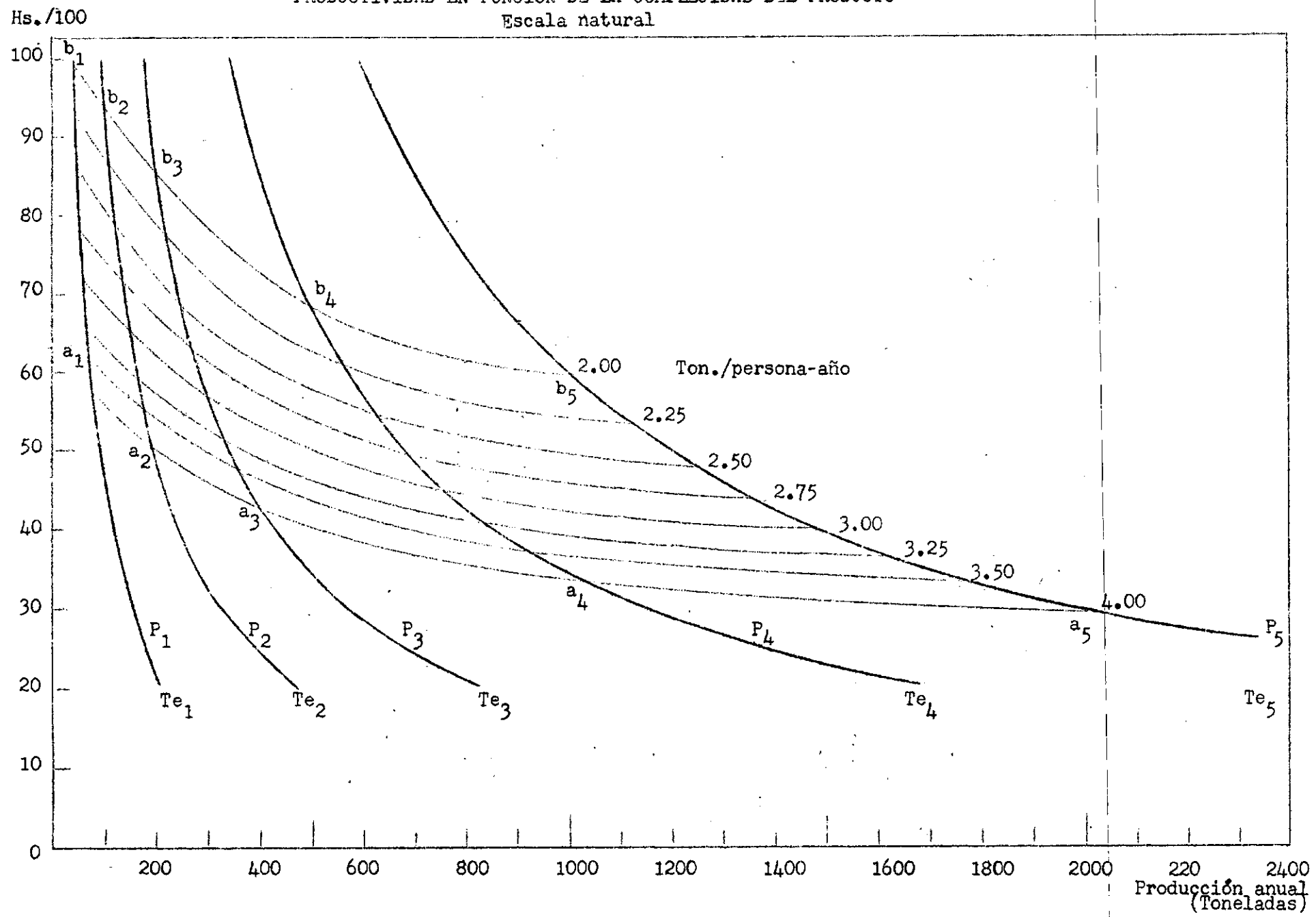
El gráfico V permite formular diversas observaciones. En primer lugar, puede suponerse que se va de a para b a lo largo de las curvas P, mediante el aumento de los índices I_c y Q. El mismo resultado puede obtenerse asimismo asumiendo I_c y Q constantes por el mal aprovechamiento de las máquinas, que a su vez puede deberse tanto a la incapacidad técnica del personal como al número excesivo de horas pasivas en razón de la gran variedad de productos fabricados en series muy reducidas. Desde luego, pasando de b para a las observaciones resultan iguales y contrarias.

1/ Todo el personal directo e indirecto.

2/ Algunas máquinas de deformación, por ejemplo.

/Gráfico V

Gráfico V.
PRODUCTIVIDAD EN FUNCION DE LA COMPLEJIDAD DEL PRODUCTO
Escala natural



Los datos de base para elaborar el gráfico V se muestran en seguida. Para hacer los cálculos se adoptaron 2 200 hs por año por cada persona considerada directa.

Cuadro 5

PRODUCCION ANUAL DE LAS EMPRESAS EN FUNCION DE LAS HORAS-HOMBRE DIRECTAS POR 100 KILOGRAMOS DE PRODUCTO FINAL Y DEL TONELAJE POR AÑO POR PERSONA

	Te_1	Te_2	Te_3	Te_4	Te_5
Número de personas directas	19	43	75	152	265
Total de horas-hombre directas por año	41 800	94 600	165 000	334 400	583 000
Hs/100	Producción anual en toneladas				
20	209.0	473.0	825.0	1 670.0	2 915.0
25	167.2	378.4	660.0	1 337.6	2 332.0
30	139.3	315.3	550.0	1 114.6	1 943.3
35	119.4	270.3	471.4	955.4	1 665.7
40	104.5	236.5	412.5	836.0	1 462.5
45	92.9	210.2	366.6	743.1	1 295.5
50	83.6	189.2	330.0	668.8	1 166.0
60	69.7	157.7	275.0	557.3	971.6
70	59.7	135.1	235.7	477.7	832.8
80	52.2	118.2	206.2	418.0	728.7
90	46.4	105.1	183.3	371.5	647.7
100	41.8	94.6	165.0	334.4	583.0
Tons/año por persona (directa e indirecta)					
2.00	40	100	200	500	1 000
2.25	45	112	225	562	1 125
2.50	50	125	250	625	1 250
2.75	55	137	275	687	1 375
3.00	60	150	300	750	1 500
3.25	65	162	325	812	1 625
3.50	70	175	350	875	1 750
4.00	80	200	400	1 000	2 000

/2 Capacidad productiva

2. Capacidad productiva expresada en número de máquinas por año

La producción global calculada en toneladas por año (gráfico V) puede dividirse para cada empresa hasta llegar a determinar el número total de máquinas que pueden construir las Te en un año. Para ello se colocan en diagrama cartesiano las dos variables: peso de las máquinas en toneladas y producción total anual en toneladas (gráficos VI, VII, VIII, IX y X). Se agregan además para cada empresa dos escalas, aquella de producción por persona por año y de Hs/100. El número total de máquinas fabricadas por año son rectas que salen del origen. El campo de acción de las empresas puede limitarse no sólo en función de la producción por persona por año como se hizo en el diagrama V, sino también en atención al peso máximo de las máquinas que resulta posible o conveniente fabricar a cada Te. De este modo aparecen 4 puntos A, B, C y D, vértices de un rectángulo que podría denominarse "área de acción de la empresa".

Se va de B para A o de D para C en base a las mismas consideraciones del párrafo 1 referente al paso de a para b a lo largo de las curvas P (gráfico V).

La limitación del peso máximo de las máquinas a ser fabricadas depende de diversos factores, diferentes para cada empresa, y que pueden resumirse como sigue:

Te_1

a) Los medios de levantamiento y de transporte interno son exclusivamente manuales, dificultándose en estas condiciones el traslado de volúmenes pesados como son los cuerpos fundidos de máquinas de más de 1 tonelada, por ejemplo.

b) Las máquinas que se emplean en la fabricación son más adecuadas para producciones livianas (menores inversiones de conformidad con las escasas disponibilidades del artesano).

c) Si las máquinas construidas tienen un peso mayor de una tonelada, el número fabricado por año resulta bajo y por lo tanto la facturación anual se subdivide en pocas partes, lo que es incompatible con la estructura económico-financiera del artesano constructor.

/d) A fin

d) A fin de asegurar una facturación mensual más regular, conviene a Te_1 fabricar productos livianos en mayores cantidades, que puedan lanzarse en producción 12 veces por año (frecuencia mensual).

e) Finalmente, puede observarse que Te_1 tiene posibilidades de fabricar máquinas Q_2 sólo cuando ellas son de muy bajo peso unitario.

Por las razones mencionadas, la fabricación de productos superiores a una tonelada no parece aconsejable para Te_1.

Te_2

De un modo general, para esta empresa son también válidas las observaciones formuladas en relación con Te_1.

a) Sin embargo, a diferencia de Te_1, Te_2 puede fabricar máquinas Q_3 siempre que su peso no sea elevado, por ejemplo hasta $0.5 \div 0.75$ toneladas.

b) Parece aconsejable a todos los efectos, y por las mismas razones expuestas para Te_1, que cuando esta empresa fabrique sus productos en 2 modelos, limite el peso máximo de ellos en torno a 1.25 toneladas.

Te_3

a) El gráfico VIII indica claramente una gama más amplia de posibilidades constructivas en relación con el peso de las máquinas. Se supone que Te_3 se interesa en fabricar por lo menos 3 modelos de máquinas y que debido a ello es aconsejable no pasar de productos con 1.5 toneladas.

b) Las capacidades técnicas de la empresa permiten aún construcciones más pesadas pero con calidad Q_1.

c) Por razones financieras es recomendable que los lanzamientos que se realicen por año no resulten inferiores a 6 y para sólo un modelo aceptándose para los demás 8 ó 12. De esta manera se podrá contar con un mínimo de disponibilidades líquidas fijas, las cuales se irán agregando, con la debida frecuencia, a las entradas correspondientes a los lanzamientos de 6 y 8.

Te_4 y Te_5

Estas empresas permiten las más variadas condiciones de operabilidad en cuanto a peso, I_c, Q y número de máquinas a ser fabricadas en un año, como se demuestra en los gráficos IX y X.

a) Si se

a) Si se hace una restricción en relación con el peso, ésta se refiere, de un modo general, a los productos livianos, de menos de 0.5 y 0.75 toneladas para Te_4 y Te_5, respectivamente.

b) Habiéndose justificado en estas notas los tamaños Te_4 y Te_5 más por su capacidad técnica para fabricar productos Q_3 y de alto I_c que por la fabricación en serie de productos simples - lo que equivale a admitir para cada empresa un campo de actividad técnica bien definido en vista de una composición equilibrada de conjuntos de fabricantes - resulta conveniente para Te_4 y Te_5 trabajar máquinas con un peso unitario medio superior a los tamaños Te_1, Te_2 y Te_3.

c) En la práctica se comprueba que es posible admitir la presencia en Te_4 y Te_5 de diversas frecuencias de lanzamientos por año. Sin embargo, la naturaleza del producto hace poco probable alcanzar hasta una frecuencia de 12.

3. Series repetitivas

Considerando una vez más los datos numéricos que aparecen en los gráficos VI, VII, VIII, IX y X, se observa que el número de máquinas fabricables en un año puede dividirse sucesivamente en función del número de modelos y tipos, y para cada uno de éstos, en base a la cantidad de lanzamientos de producción por año.

Los lanzamientos más frecuentes registrados en la fabricación de máquinas-herramientas son los siguientes:

1 - 2 - 3 - 4 - 6 - 8 - 12, equivalentes a los siguientes meses de elaboración: 12 - 6 - 4 - 3 - 2 - 1.5 - 1.

En general, para la totalidad de la producción no se admiten lanzamientos de 1, 2 y 3 veces por año, pues en estos casos el capital de giro asumiría valores incompatibles con la economía de la empresa y los costos se alterarían de manera sensible.

Las frecuencias 4, 6 y 8 son las más corrientes para Te_4 y Te_5, siendo 8 y 12 más recomendables para Te_1, Te_2 y Te_3.

Debido a una serie de factores bastante variables - entre ellos la demanda, que es diferente según el tipo y el modelo construidos por un solo constructor - coexisten en la realidad diversas frecuencias de lanzamientos de producción dentro de una misma fábrica. Así resulta prácticamente

/imposible tomar

imposible tomar en cuenta todas las combinaciones que pueden ocurrir. Sin embargo, parece conveniente presentar las consideraciones anteriores en forma de cuadro, entendiéndose por serie aquellas que derivan de la capacidad productiva total de la empresa. (Véase cuadro 6.)

Aplicando en esta tabulación aquellos límites restrictivos asumidos anteriormente en cuanto a la posibilidad o conveniencia de elaboración - incluso de serie - se obtiene un campo de trabajo bastante significativo y orientador por cada empresa.

/Cuadro 6

Cuadro 6

TAMAÑO DE LAS SERIES REPETITIVAS CONFORME A LA FRECUENCIA DE FABRICACION, AL VOLUMEN DE PRODUCCION ANUAL Y A LAS CARACTERISTICAS DE LAS MAQUINAS

Fábrica Te_1

No de maq. por año	Peso mín. ton	Peso máx. ton	Modelos y tipos 1							Modelos y tipos 2							Modelos y tipos 3							Modelos y tipos 4							Modelos y tipos 5						
			1a/	2	3	4	6	8	12	1	2	3	4	6	8	12	1	2	3	4	6	8	12	1	2	3	4	6	8	12	1	2	3	4	6	8	12
40	0.90	1.00	40	20	13	10	6.5	5	3.3	20	10	7	5	3.3	2.5	1.7	13	6.5	4.5	3.3	2.2	1.6	1.1	10	5	3	2.5	1.7	1.3	-	8	4	2.7	2	1.3	1	-
50	0.70	1.00	50	25	17	12.5	8	6	4	25	12.5	8	6	4	3	2	17	8.5	6	4	2.8	2	1.4	12.5	6	4	3	2	1.5	1	10	5	3.3	2.5	1.7	1.2	-
60	0.60	1.00	60	30	20	15	10	7.5	5	30	15	10	7.5	5	4.	2.5	20	16	6.7	5	3	2.5	1.7	15	7.5	5	4	2.5	1.9	1.3	12	6	4	3	2	1.5	1
70	0.50	0.90	70	35	23	17.5	12	9	6	35	17.5	12	9	6	4	3	23	11.5	7.7	6	4	3	2	17.5	9	6	4	3	2	1.5	14	7	4.7	3.5	2.3	1.8	1.2
80	0.45	0.8	80	40	27	20	13	10	6.7	40	20	13	10	6.7	5	3	27	13.5	9	7	4.5	3	2.3	20	10	6.7	5	3	2.5	1.7	16	8	5	4	2.7	2	1.3
90	0.32	0.70	90	45	30	22.5	15	11	7.5	45	22.5	15	11	7.5	5.6	3.8	30	15	10	7.5	5	3.8	2.5	22.5	11	7.5	5.6	3.7	2.8	1.9	18	9	6	4.5	3	2.3	1.5
100	0.30	0.65	100	50	33	25	17	12.5	8	50	25	16.7	12.5	8	6	4	33	16.7	11	8	5.5	4	2.8	25	12.5	8	6	4	3	2.1	20	10	6.7	5	3.3	2.5	1.7
200	0.12	0.28	200	100	66.7	50	33.3	25	17	100	50	33	25	17	12.5	8	66.7	33	22	16.7	11	8	5.6	50	25	16.7	12.5	8.3	6.3	4	40	20	13.3	10	6.7	5	3.3
300	0.10	0.22	300	150	100	75	50	37.5	25	150	75	50	37.5	25	18.7	12.5	100	50	33	25	16.7	12.5	8	75	37.5	25	19	12.5	9	6	60	30	20	15	10	7.5	5
400	0.08	0.15	400	200	133	100	65	50	33	200	100	66.7	50	33	25	16.7	133	66.5	44	33	22	16.7	11	100	50	33	25	16.7	12.5	8.3	80	40	26.7	20	13	10	6.7

Series menos recomendables pero igualmente posibles.

Series más recomendables o posibles.

a/ Los números 1, 2, 3, 4, 6, 8, y 12 indican las frecuencias de fabricación de las series en 1 año.

Fábrica Te$_2$

No. de maq. por año	Peso mín. ton	Peso máx. ton	Modelos y tipos 1							Modelos y tipos 2							Modelos y tipos 3							Modelos y tipos 4							Modelos y tipos 5						
			1a/	2	3	4	6	8	12	1	2	3	4	6	8	12	1	2	3	4	6	8	12	1	2	3	4	6	8	12	1	2	3	4	6	8	12
80	-	1.25	80	40	27	20	13	10	6.7	40	20	13	10	6.7	5	3	27	13.5	9	7	4.5	3	2.3	20	10	6.7	5	3	2.5	1.7	16	8	5	4	2.7	2	1.3
90	1.10	1.25	90	45	30	22.5	15	11	7.5	45	22.5	15	11	7.5	5.6	3.8	30	15	10	7.5	5	3.8	2.5	22.5	11	7.5	5.6	3.7	2.8	1.9	18	9	6	4.5	3	2.3	1.5
100	1.00	1.25	100	50	33	25	17	12.5	8	50	25	16.7	12.5	8	6	4	33	16.9	11	8	5.5	4	2.8	25	12.5	8	6	4	3	2.1	20	10	6.7	5	3.3	2.5	1.7
120	0.80	1.25	120	60	40	30	20	15	10	60	30	20	15	10	7.5	5	40	20	13	10	7	5	3.3	30	15	10	7.5	5	3.8	2.5	24	12	8	6	4	3	2
140	0.70	1.15	140	70	46.7	35	23	17.5	11.7	70	35	23	17.5	11.7	8.8	6	46.7	23	15.6	12	8	5.8	4	35	17.5	12	9	6	4	2.9	28	14	9	7	4.7	3.5	2.3
160	0.60	1.00	160	80	53.3	40	26.7	20	13.3	80	40	26.7	20	13.3	10	6.7	53.3	26.7	18	13	9	6.7	4.4	30	20	13	10	7	5	3.3	32	16	11	8	5	4	2.7
180	0.55	0.90	180	90	60	45	30	22.5	15	90	45	30	22.5	15	11	7.5	60	30	20	15	10	7.5	5	45	22.5	15	11	7.5	6	3.8	36	18	12	9	6	4.5	3
200	0.50	0.80	200	100	66.7	50	33	25	17	100	50	33	25	17	12.5	8	66.7	33	22	16.7	11	8	5.6	50	25	16.7	12.5	8.3	6.3	4	40	20	13.3	10	6.7	5	3.3
250	0.40	0.65	250	125	83.3	62.5	42	31	21	125	62.5	42	31	21	16	10	83.3	42	28	21	14	10	7	62.5	31	21	16	10	7.8	5	50	25	16.7	12.5	8.3	6	4.2
300	0.35	0.55	300	150	100	75	50	37.5	25	150	75	50	37.5	25	18.7	12.5	100	50	33	25	16.7	12.5	8	75	37.5	25	19	12.5	9	6	60	30	20	15	10	7.5	5
350	0.27	0.45	350	175	116.7	87.5	58	44	29	175	87.5	58	44	29	22	14.6	116.7	58	39	29	19	15	10	87.5	43	29	22	15	11	7	70	35	23	17.5	12	9	5.8
400	0.25	0.40	400	200	133	100	65	50	33	200	100	66.7	50	33	25	16.7	133	66.5	44	33	22	16.7	11	100	50	33	25	16.7	12.5	8.3	80	40	26.7	20	13	10	6.7

Series menos recomendables pero igualmente posibles.

Series más recomendables o posibles.

a/ Los números 1, 2, 3, 4, 6, 8 y 12 indican las frecuencias de fabricación de las series en 1 año.

Fábrica T_{e_3}

No de máq. por año	Peso mín. ton	Peso máx. ton	Modelos y tipos 1							Modelos y tipos 2							Modelos y tipos 3							Modelos y tipos 4							Modelos y tipos 5						
			1a/	2	3	4	6	8	12	1	2	3	4	6	8	12	1	2	3	4	6	8	12	1	2	3	4	6	8	12	1	2	3	4	6	8	12
160	1.40	1.50	160	80	53.3	40	26.7	20	13.3	80	40	26.7	20	13.3	10	6.7	53.3	26.7	18	13	9	6.7	4.4	40	20	13	10	7	5	3.3	32	16	11	8	5	4	2.7
180	1.25	1.50	180	90	60	45	30	22.5	15	90	45	30	22.5	15	11	7.5	60	30	20	15	10	7.5	5	45	22.5	15	11	7.5	6	3.8	36	18	12	9	6	4.5	3
200	1.10	1.50	200	100	66.7	50	33	25	17	100	50	33	25	17	12.5	8	66.7	33	22	16.7	11	8	5.6	50	25	16.7	12.5	8.3	6.3	4	40	20	13.3	10	6.7	5	3.3
250	0.90	1.30	250	125	83.3	62.5	42	31	21	125	62.5	42	31	21	16	10	83.3	42	28	21	14	10	7	62.5	31	21	16	10	7.8	5	50	25	16.7	12.5	8.3	6	4.2
300	0.75	1.10	300	150	100	75	50	37.5	25	150	75	50	37.5	25	18.7	12.5	100	50	33	25	16.7	12.5	8	75	37.5	25	19	12.5	9	6	60	30	20	15	10	7.5	5
350	0.65	0.95	350	175	116.7	87.5	58	44	29	175	87.5	58	44	29	22	14.6	116.7	58	39	29	19	15	10	87.5	43	29	22	15	11	7	70	35	23	17.5	12	9	5.8
400	0.55	0.80	400	200	133	100	65	50	33	200	100	66.7	50	33	25	16.7	133	66.5	44	33	22	16.7	11	100	50	33	25	16.7	12.5	8.3	80	40	26.7	20	13	10	6.7
500	0.45	0.65	500	250	167	125	83	62.5	42	250	125	83	62.5	42	31	20.8	167	83.5	56	42	28	20.8	14	125	62.5	42	31	20.8	16	10	100	50	33	25	17	12.5	8.3

Series menos recomendables pero igualmente posibles.

Series más recomendables o posibles.

a/ Los números 1, 2, 3, 4, 6, 8 y 12 indican las frecuencias de fabricación de las series en 1 año.

/Fábrica T_{e_4}

Fábrica Te_4

No de máq. por año	Peso mín. ton	Peso máx. ton	Modelos y tipos 1							Modelos y tipos 2							Modelos y tipos 3							Modelos y tipos 4							Modelos y tipos						
			1a/	2	3	4	6	8	12	1	2	3	4	6	8	12	1	2	3	4	6	8	12	1	2	3	4	6	8	12	1	2	3	4	6	8	12
160	3.50	-	160	80	53	40	27	20	13	80	40	27	20	13	10	7	53	26.5	18	13	9	7	4	40	20	13	10	7	5	3	32	16	11	8	5	4	3
200	2.80	-	200	100	67	50	33	25	17	100	50	33	25	17	12.5	8	67	33.5	22	17	11	8	6	50	25	17	12.5	8	6	4	40	20	13	10	7	5	3
240	2.30	4.00	240	120	80	60	40	30	20	120	60	40	30	20	15	10	80	40	27	20	13	10	7	60	30	20	15	10	7.5	5	48	24	16	12	8	6	4
280	2.00	3.30	280	140	93	70	47	35	23	140	70	47	35	23	17.5	12	93	46.5	31	23	15.5	12	8	70	35	23	17.5	12	9	6	56	28	19	14	9	7	5
320	1.70	3.00	320	160	107	80	53	40	27	160	80	53	40	27	20	13	107	53.5	36	27	18	13	9	80	40	27	20	13	10	7	64	32	21	16	11	8	5
360	1.60	2.60	360	180	120	90	60	45	30	180	90	60	45	30	22.5	15	120	60	40	30	20	15	10	90	45	30	22.5	15	11	7.5	72	36	24	18	12	9	6
400	1.40	2.30	400	200	133	100	67	50	33	200	100	67	50	33	25	17	133	66.5	44	33	22	17	11	100	50	33	25	17	12.5	8	80	40	27	20	13	10	7
440	1.30	2.20	440	220	147	110	73	55	37	220	110	73	55	37	27.5	18	147	73.5	49	37	24.5	18	12	110	55	37	27.5	18	14	9	88	44	29	22	15	11	7
520	1.10	1.80	520	260	173	130	87	65	43	260	130	87	65	43	32.5	22	173	86.5	58	43	29	22	14	130	65	43	32.5	22	16	10	104	52	35	26	17	13	9
560	1.00	1.70	560	280	187	140	93	70	47	280	140	93	70	47	35	23	187	93.5	62	47	31	23	15.5	140	70	47	35	23	17.5	12	112	56	37	28	19	14	9
600	0.90	1.60	600	300	200	150	100	75	50	300	150	100	75	50	37.5	25	200	100	67	50	33	25	17	150	75	50	37.5	25	19	12.5	120	60	40	30	20	15	10
700	0.80	1.30	700	350	233	175	117	87.5	58	350	175	117	87.5	58	44	29	233	116.5	78	58	39	29	19	175	87.5	58	44	29	22	15	140	70	47	35	23	17.5	12
800	0.70	1.20	800	400	267	200	133	100	67	400	200	133	100	67	50	33	267	133.5	89	67	44.5	33	22	200	100	67	50	33	25	17	160	80	53	40	27	20	13
900	0.65	1.05	900	450	300	225	150	112.5	75	450	225	150	112.5	75	56	37.5	300	150	100	75	50	37.5	25	225	112.5	75	56	37.5	28	19	180	90	60	45	30	22.5	15
1 000	0.55	0.90	1 000	500	333	250	167	125	83	500	250	167	125	83	62.5	42	333	166.5	111	83	55.5	42	28	250	125	83	62.5	42	31	21	200	100	67	50	33	25	17
1 100			1 100	550	367	275	183	137.5	92	550	275	183	137.5	92	69	46	367	183.5	122	92	61	46	30.5	275	137.5	92	69	46	34	23	220	110	73	55	37	27.5	18
1 200			1 200	600	400	300	200	150	100	600	300	200	150	100	75	50	400	200	133	100	67	50	33	300	150	100	75	50	37.5	25	240	120	80	60	40	30	20

Series menos recomendables pero igualmente posibles.

Series más recomendables o posibles.

a/ Los números 1, 2, 3, 4, 6, 8 y 12 indican las frecuencias de fabricación de las series en 1 año.

/Fábrica Te_5

Fabrica Te5

No. de máq. por año	Peso mín. ton	Peso máx. ton	Modelos y tipos 1							Modelos y tipos 2							Modelos y tipos 3							Modelos y tipos 4							Modelos y tipos 5						
			1a/	2	3	4	6	8	12	1	2	3	4	6	8	12	1	2	3	4	6	8	12	1	2	3	4	6	8	12	1	2	3	4	6	8	12
275	4.20		275	137.5	92	69	46	34	23	137.5	69	46	34	23	17	11	92	46	31	23	15	11.5	7.6	69	34.5	23	17	11	8.6	5.8	55	27.5	18	14	9	7	5
300	3.90		300	150	100	75	50	37.5	25	150	75	50	37.5	25	19	13	100	50	33	25	17	13	8.3	75	37.5	25	19	13	9.4	6.3	60	30	20	15	10	7.5	5
325	3.60		325	162.5	108	81	54	41	27	162.5	81	54	41	27	20	14	108	54	36	27	18	13.5	9	81	40.5	27	20	14	10	6.8	65	32.5	22	16	11	8.1	5
350	3.30		350	175	117	87.5	58	44	29	175	87.5	58	44	29	22	15	117	58.5	39	29	19.5	15	9.8	87.5	43.5	29	22	15	11	7.3	70	35	23	17.5	12	8.8	6
375	3.10		375	187.5	125	94	62.5	47	31	187.5	94	62.5	47	31	23	16	125	62.5	42	31	21	16	10	94	47	31	23	16	12	7.8	75	37.5	25	19	12.5	9.4	6
400	2.90		400	200	133	100	67	50	33	200	100	67	50	33	25	17	133	66.5	44	33	22	17	11	100	50	33	25	17	12.5	8.3	80	40	27	20	13	10	7
425	2.70		425	212.5	142	106	71	53	35	212.5	106	71	53	35	27	18	142	71	47	35	24	18	12	106	53	35	27	18	13	8.8	85	42.5	28	21	14	10.6	7
450	2.60		450	225	150	112.5	75	56	37.5	225	112.5	75	56	37.5	28	19	150	75	50	37.5	25	19	12.5	112.5	56	37.5	28	19	14	9.4	90	45	30	22.5	15	11.3	7.5
500	2.30	4.10	500	250	167	125	83	62.5	42	250	125	83	62.5	42	31	21	167	83.5	55	42	28	21	14	125	62.5	42	31	21	16	10.4	100	50	33	25	17	12.5	8
550			550	275	183	137.5	92	69	46	275	137.5	92	69	46	34	23	183	91.5	61	46	30.5	23	15	137.5	68.5	46	34	23	17	11	110	55	37	27.5	18	14	9
600	1.95	3.40	600	300	200	150	100	75	50	300	150	100	75	50	37.5	25	200	100	67	50	33	25	17	150	75	50	37.5	25	19	13	120	60	40	30	20	15	10
650			650	325	217	162.5	108	81	54	325	162.5	108	81	54	41	27	217	108.5	72	54	36	27	18	162.5	81	54	41	27	20	14	130	65	43	32.5	22	16	11
700	1.65	2.90	700	350	233	175	117	87.5	58	350	175	117	87.5	58	44	29	233	116.5	78	58	39	29	19	175	87.5	58	44	29	22	15	140	70	47	35	23	17.5	12
750			750	375	250	187.5	125	94	62.5	375	187.5	125	94	62.5	47	31	250	125	83	62.5	42	31	21	187.5	93.5	62.5	47	31	23	16	150	75	50	37.5	25	19	12.5
800	1.45	2.50	800	400	267	200	133	100	67	400	200	133	100	67	50	33	267	133.5	89	67	44.5	33	22	200	100	67	50	33	25	17	160	80	53	40	27	20	13
850			850	425	283	212.5	142	106	71	425	212.5	142	106	71	53	35	283	141.5	94	71	47	35	23.5	212.5	106	71	53	35	26.5	18	170	85	57	42.5	28	21	14
900	1.30	2.30	900	450	300	225	150	112.5	75	450	225	150	112.5	75	56	37.5	300	150	100	75	50	37.5	25	225	112.5	75	56	37.5	28	19	180	90	60	45	30	22.5	15
1 000	1.15	2.00	1 000	500	333	250	167	125	83	500	250	167	125	83	62.5	42	333	166.5	111	83	55.5	42	28	250	125	83	62.5	42	31	21	200	100	67	50	33	25	17
1 200	1.00	1.65	1 200	600	400	300	200	150	100	600	300	200	150	100	75	50	400	200	133	100	67	50	33	300	150	100	75	50	37.5	25	240	120	80	60	40	30	20
1 400	0.75	1.45	1 400	700	467	350	233	175	117	700	350	233	175	117	87.5	58	467	213.5	155	117	78	58	39	350	175	117	87.5	58	44	29	280	140	93	70	47	35	23
1 600			1 600	800	533	400	267	200	133	800	400	267	200	133	100	67	533	266.5	178	133	89	67	44	400	200	133	100	67	50	33	320	160	80	80	53	40	27
2 000	0.75	1.00	2 000	1 000	667	500	333	250	167	1 000	500	333	250	167	125	83	667	333.5	222	167	111	83	56	500	250	167	125	83	62.5	42	400	200	133	100	67	50	33
2 500			2 500	1 250	833	625	417	312.5	208	1 250	625	417	312.5	208	156	104	833	416.5	278	208	139	104	69	625	312.5	208	156	104	78	52	500	250	167	125	83	62.5	42
3 000			3 000	1 500	1 000	750	500	375	250	1 500	750	500	375	250	187.5	125	1 000	500	333	250	167	125	83	750	375	250	187.5	125	94	62.5	600	300	200	150	100	75	50

Series menos recomendables pero igualmente posibles

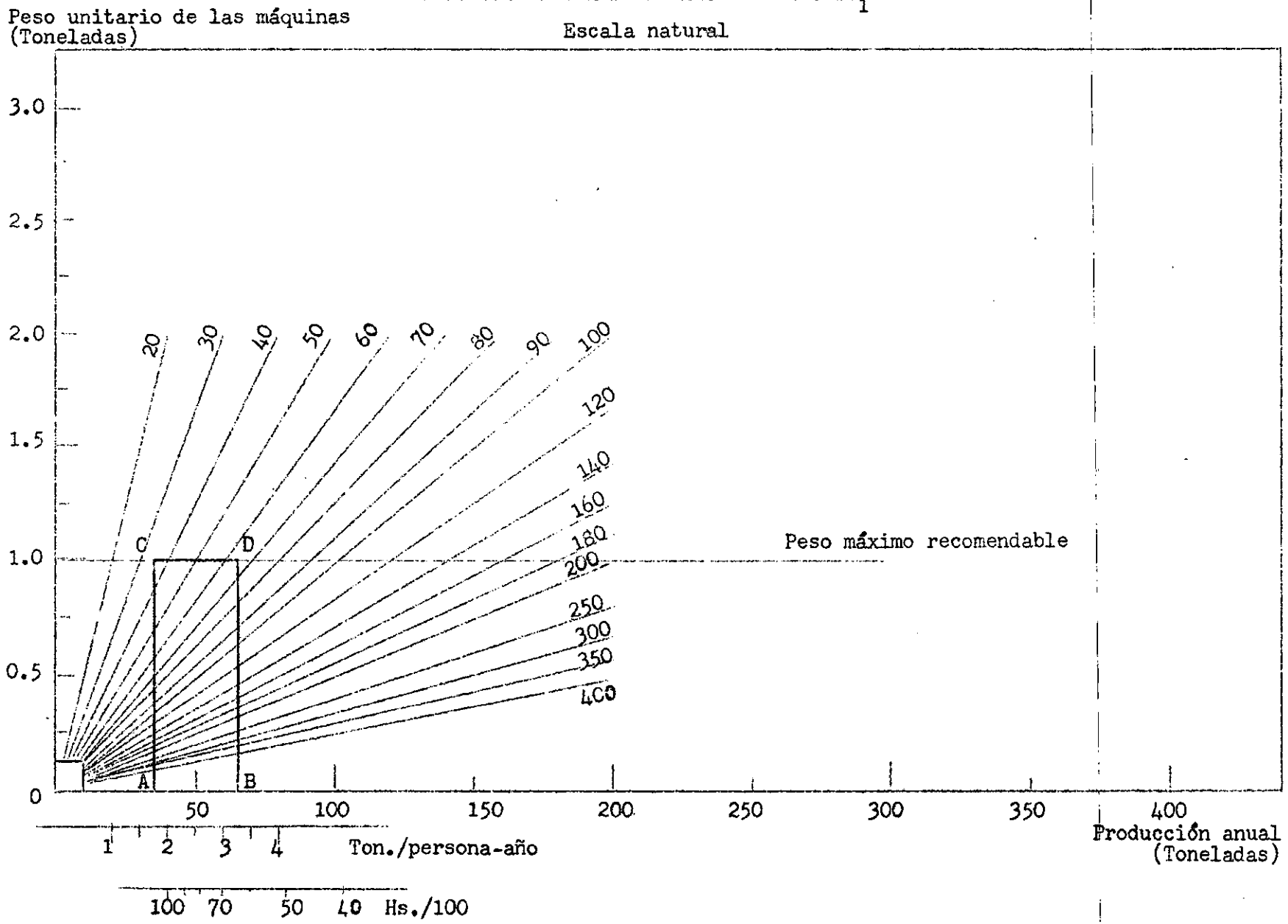
Series mas recomendables o posibles

a/ Los números 1, 2, 3, 4, 6, 8 y 12 indican las frecuencias de fabricación de las series en 1 año

Gráfico VI

FABRICACION ANUAL EN NUMERO - TAMAÑO Te_1

Escala natural

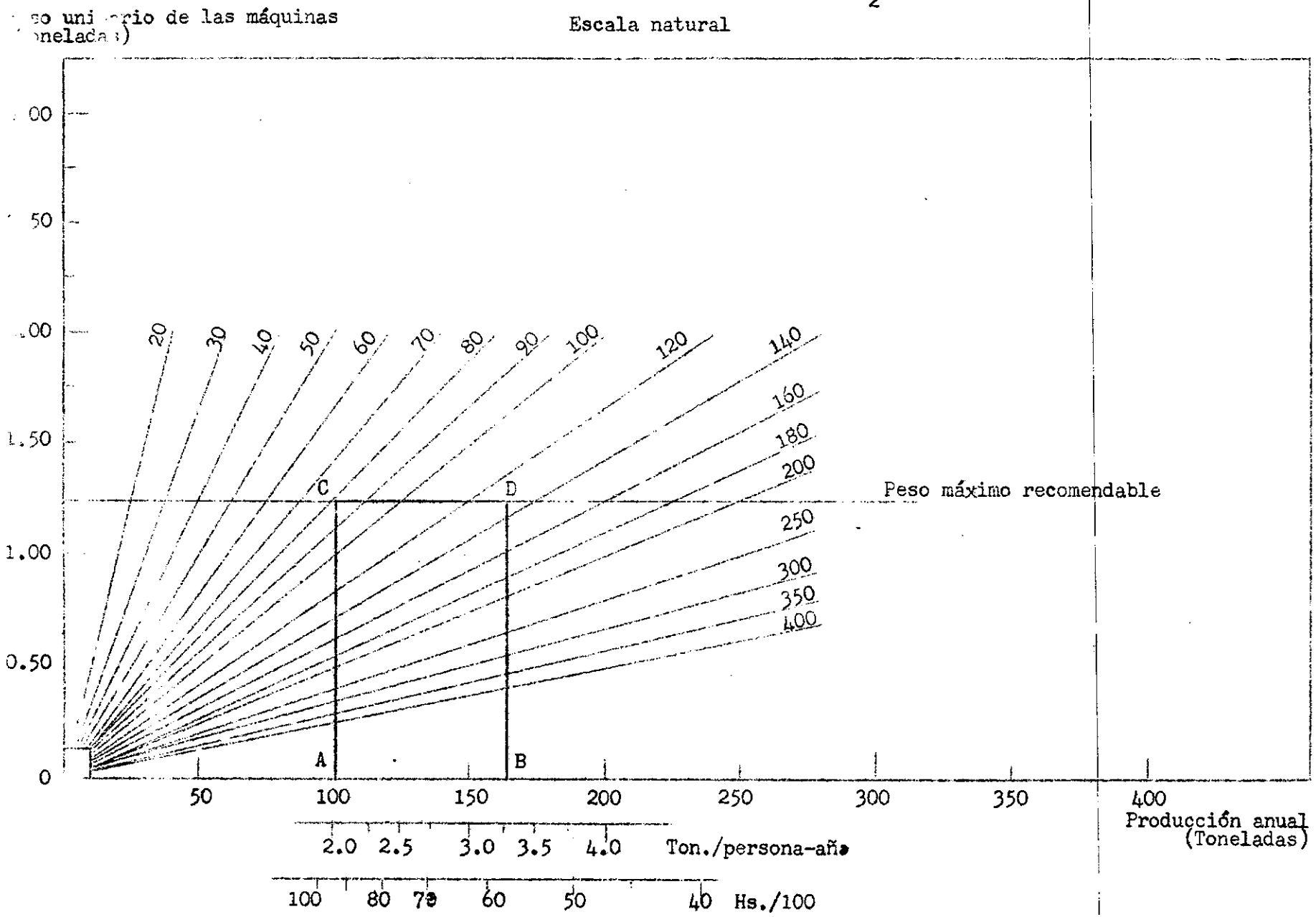


/Gráfico VII

Gráfico VII

FABRICACION ANUAL EN NUMERO - TAMAÑO Te_2

Escala natural

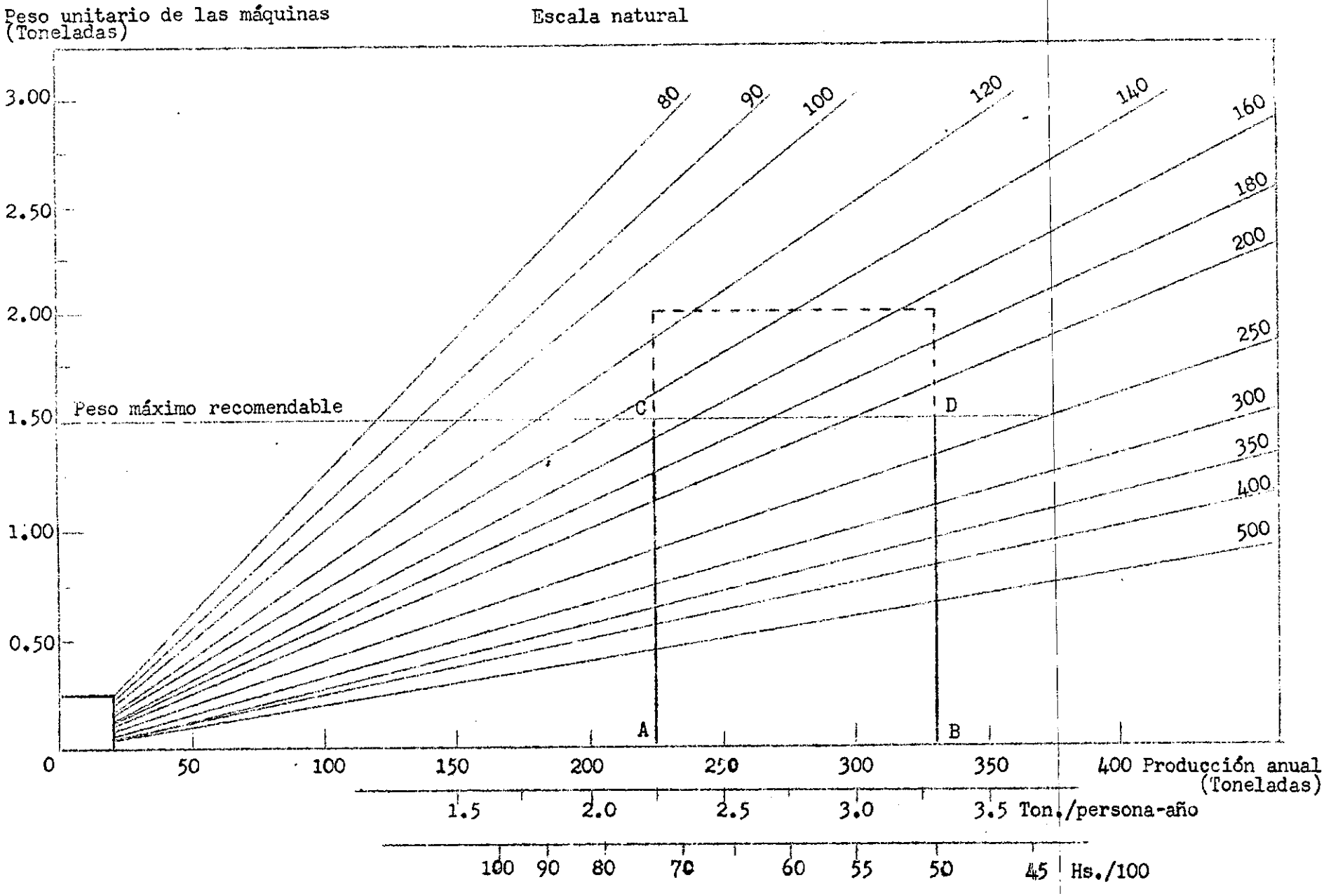


/Gráfico VIII

Gráfico VIII

FABRICACION ANUAL EN NUMERO - TAMAÑO Te_3

Escala natural

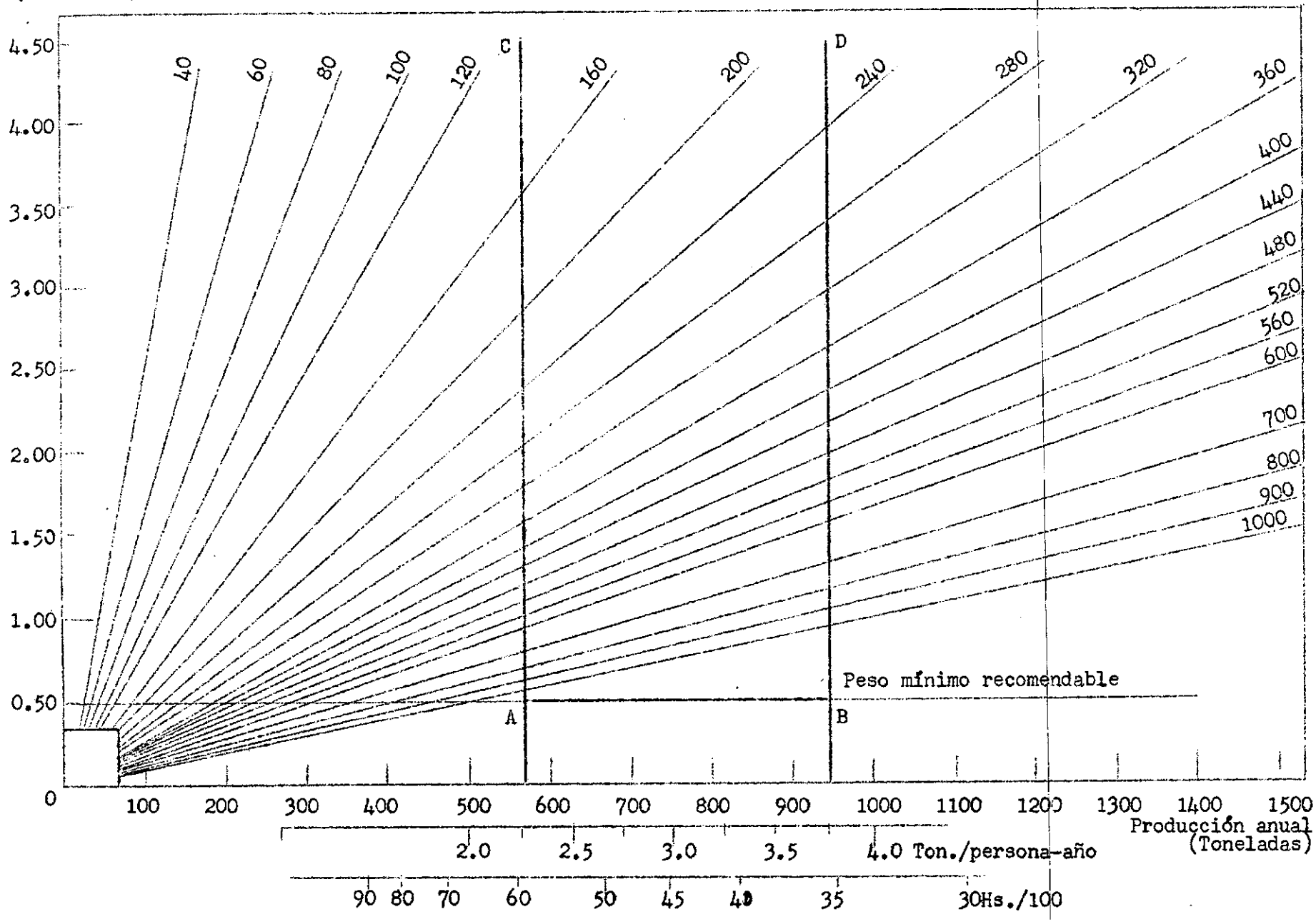


/Gráfico IX

Gráfico IX

FABRICACION ANUAL EN NUMERO - TAMAÑO Te_4

Escala natural

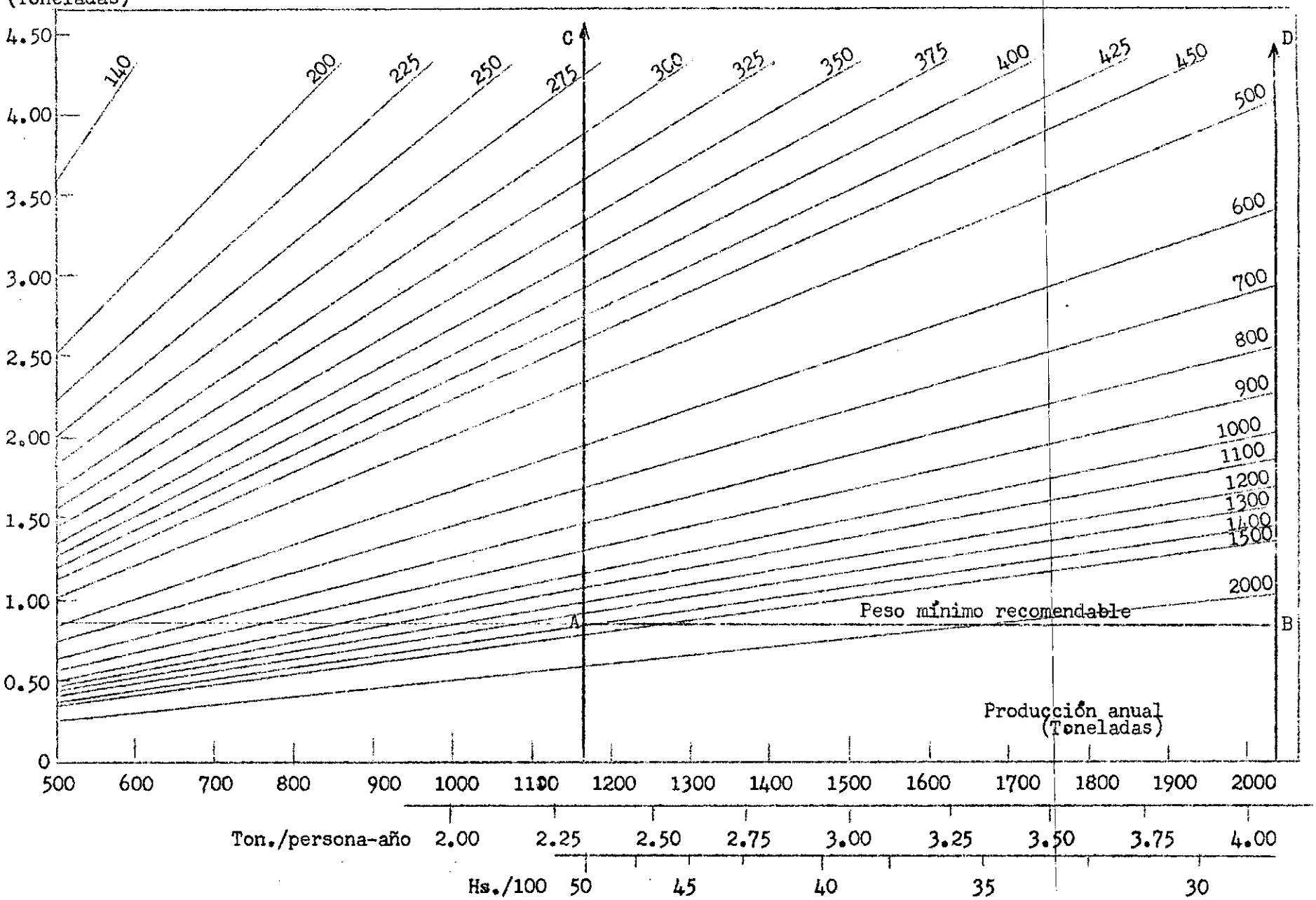


/Gráfico X

Gráfico X

FABRICACION ANUAL EN NUMERO - TAMAÑO Te_5

Escala natural



Capítulo III

INVERSIONES Y COSTOS

1. Inversiones en máquinas para las cinco empresas consideradas

Del total de las inversiones, las máquinas-herramientas representan las de mayor magnitud.

Ya se ha determinado para cada tamaño de empresa el número de operarios directos con máquinas, esto es, el número de máquinas de producción. Tomando este dato como punto de referencia es posible componer un parque para cada empresa que refleje las condiciones medias de fabricación de máquinas-herramientas, según la especificación adoptada; ello quiere decir, un parque que no ha sido seleccionado específicamente en base a un modelo definido.

Sin embargo, estas condiciones están más próximas al equipo idealmente apto para la construcción de máquinas con arranque de viruta que para aquéllas de deformación en vista de que las primeras tienen una variedad más grande de tipos y modelos y también porque se fabrican en mayor proporción, a razón de 3 ó 4 contra 1 de deformación. La selección de los equipos se hace también considerando la calidad y la complejidad del producto, según se ha definido en el capítulo I.

En general, para las firmas pequeñas se emplean máquinas de bajo precio y de menores recursos; para Te_3 ya se utilizan algunas máquinas de valor medio juntamente con otras de categoría inferior, mientras que para Te_4 y Te_5 la categoría de las máquinas que componen los respectivos parques es de alto nivel en cuanto a precisión y recursos.

Cabe hacer aquí una observación que es casi siempre válida para el sector en estudio: al variar la importancia de la serie, por lo menos entre los límites considerados en este trabajo y que interesan a empresas hasta Te_5, las máquinas no difieren mucho de los tipos tradicionales, lo cual significa que las máquinas de semiproducción y de media y elevada producción no forman parte del parque de fabricantes de máquinas-herramientas. Lo que varía en realidad entre un productos y otro es

/la elección

la elección de la máquina de mayor o menor categoría dentro de un esquema general de recursos universales. Este hecho puede explicarse fácilmente si se considera la gran variedad de piezas y el elevado número de operaciones diferentes que exige la fabricación de una máquina.

Así se destaca una vez más, la gran importancia que reviste la calidad de las herramientas y la difusión del empleo de plantillas, máscaras y equipos especiales para obtener bajos valores de Hs/100. Esto equivale a afirmar que a la paridad de I_c y de Q y con equipos iguales, por lo tanto con inversiones idénticas, es posible obtener diferentes valores de Hs/100 en razón exclusivamente del empleo más o menos racional de los equipos auxiliares de producción que, a su vez, dependen de la capacidad técnica de una parte del personal indirecto.

Por último, puede agregarse que para Te_4 y Te_5 es posible concebir parques numéricamente más importantes si se admite un menor porcentaje de indirectos. Este sería el caso, por ejemplo, de empresas que trabajasen exclusiva o parcialmente con licencias de firmas extranjeras ya que en esta forma la función de parte del personal indirecto se reemplazaría por los indirectos de la casa matriz o que proporciona la licencia. De esta manera el número de horas directas disponibles en un año podría aumentar entre 15 y 5 por ciento sobre los valores calculados, variando los demás datos y conclusiones en forma proporcional. Estos casos no han sido considerados sin embargo, por estar fuera de los propósitos del presente estudio.

a) Máquinas para la empresa Te_1

La lista de las máquinas necesarias para esta empresa es sumamente simple y ofrece en general escasas variantes. En este tamaño no existen secciones especializadas y por consiguiente las máquinas se emplean tanto para servicios directos como indirectos. Tampoco existen máquinas para realizar servicios técnicos especiales; se trata en realidad de un taller que trabaja en forma exclusivamente artesanal.

/Cuadro 7

Cuadro 7

LISTA DE LAS MAQUINAS DE LA EMPRESA TE_1

Máquinas	Cantidad
Torno paralelo simple	6
Fresadora universal	1
Taladros de banco y columna	3
Taladro radial	1
Cepilladora limadora	3
Cepilladora de mesa	1
Máquina para chapas	1
Máquina para soldadura	1 a/
Esmeriles	2 a/
Sierras	2
Total máquinas directas	16
Total máquinas indirectas	3
Total máquinas	19
Valor total de las máquinas	$ 35 000 b/
Valor medio de las máquinas	$ 2 000

a/ Máquinas para servicios indirectos.

b/ Valor de las máquinas disponibles en el mercado brasileño.

b) Máquinas para la empresa Te_2

Este tamaño de empresa se caracteriza por el empleo de un reducido número de personal indirecto con un parque de maquinaria que alcanza cierta importancia, mediante el cual pueden fabricarse máquinas con características de Q e I_c que corresponden favorablemente a las exigencias de los parques industriales de aquellos países que recién inician el desarrollo de su industria mecánica.

/En general,

En general, las garantías técnicas y comerciales que puede ofrecer este tipo de empresa no se juzgan suficientes para suscribir acuerdos de fabricación con licencia de firmas extranjeras del ramo. De este modo, se contempla la realización de los servicios técnicos por terceros *in loco*, orientados hacia la imitación y simplificación al máximo de las soluciones tecnológicas ya existentes. Tanto los equipos y la manera como son utilizados reflejan todavía un nivel técnico general bastante elemental.

Cuadro 8

LISTA DE LAS MAQUINAS DE LA EMPRESA TE_2

Máquinas	Cantidad
Tornos paralelos de varios tamaños	11
Torno revólver	1
Fresadoras	2
Taladros de columna y de banco	6
Taladro radial	1
Cepilladora limadora	3
Cepilladora de mesa	2
Máquina para chapa	1
Máquina para soldadura	1
Afiladora de herramientas	1 a/
Esmeriles	2 a/
Sierras	3
Rectificadoras	2
Mandriladora	1
Total máquinas directas	34
Total máquinas indirectas	3
Total máquinas	37
Valor total de las máquinas	$ 100 000 b/
Valor medio de las máquinas	$ 2 700

a/ Máquinas para servicios indirectos.

b/ Valor de las máquinas disponibles en el mercado brasileño, excluida la mandriladora.

/c) Máquinas para

c) Máquinas para la empresa Te_3

La evolución de los tamaños de las empresas desde Te_1 hasta Te_4 y Te_5 acompaña de cerca capacidades técnicas y organizativas crecientes que pasan de la forma artesanal para Te_1, hasta una completa estructuración ya posible para Te_4 y consolidada para Te_5.

Te_3 se encuentra a mitad de camino, ofreciendo por ello diversas interpretaciones en cuanto a máquinas, equipos y su propia organización. Esto significa que Te_3 puede representar tanto una fábrica del tipo de Te_2, aunque más amplia, como una fábrica que trata de desarrollar su estructura general teniendo como punto de partida la organización y los resultados técnico-productivos que pueden alcanzarse en tamaños superiores.

Para el presente caso la selección se hace con vistas a la segunda posición, admitiéndose por consiguiente que comenzando de Te_3 es interesante, y al mismo tiempo posible, trabajar con licencias de firmas extranjeras especializadas, una vez que el producto se haya definido debidamente.

d) Máquinas para la empresa Te_4

Cuando una empresa de máquinas-herramientas alcanza el tamaño Te_4 puede afirmarse que la estructura de casi todas sus secciones está debidamente delineada y que por lo tanto la firma está en condiciones de elaborar productos de diseño propio. Además, con este tamaño ya puede pensarse en contribuir a la evolución tecnológica del sector.

e) Máquinas para la empresa Te_5

La única observación de importancia que puede hacerse aquí, además de lo expuesto anteriormente sobre la empresa mayor considerada, se refiere a la selección del equipo, que se lleva a cabo con el propósito de fabricar preferentemente máquinas con arranque de viruta.

Se observa asimismo que las máquinas indirectas pueden alcanzar en número más del 10 por ciento de las directas, y que ello hace posible la confección de equipos auxiliares de producción adecuados.

/Cuadro 9

Cuadro 9

LISTA DE LAS MAQUINAS DE LA EMPRESA TE_3

Máquinas	Cantidad
Tornos paralelos de varias dimensiones	15
Tornos revólver	2
Fresadora universal	3
Fresadora vertical	2
Fresadora de precisión	1
Taladro de banco y de columna	8
Taladro radial	3
Cepilladora limadora	3
Cepilladora vertical	1
Cepilladora de mesa	3
Mandriladora	2
Rectificadora cilíndrica	2
Rectificadora plana	2
Afiladora de herramientas	2 a/
Máquina para engranajes	2
Sierras	4
Máquina para chapas	2
Soldadora eléctrica	1
Máquina para mantención	2 a/
Esmeriles	4 a/
Total máquinas directas	56
Total máquinas indirectas	8
Total máquinas	64
Valor total de las máquinas	$ 250 000 b/
Valor CIF puerto Sudamérica de las máquinas importadas	$ 150 000
Valor medio de las máquinas	$ 3 900

a/ Máquinas para servicios indirectos.

b/ Para las máquinas no importadas se consideraron tipos y precios disponibles en el mercado brasileño.

/Cuadro 10

Cuadro 10

LISTA DE LAS MAQUINAS DE LA EMPRESA Tel4

Máquinas	Cantidad
Torno paralelo de varias dimensiones	18
Torno revólver	6
Fresadora universal	5
Fresadora vertical	3
Fresadora especial	1
Taladros de columna y de banco	12
Taladro radial	4
Cepilladora limadora	5
Cepilladora vertical	1
Cepilladora de mesa (acabado y desbaste)	4
Mandriladora	3
Rectificadora cilíndrica externa	4
Rectificadora cilíndrica interna	2
Rectificadora plana	2
Máquinas para engranajes (tallado)	3
Máquinas para engranajes (acabado)	1
Máquinas para roscas	1
Máquinas para perfiles ranurados	1
Sierras	6
Escariadora (Broaching machine)	1
Grabadora de divisiones	1
Fresadora para entrada de dientes de engranajes	1
Máquinas especiales	5 a/
Máquinas para soldar	2
Máquinas para chapa	3
Total máquinas directas	95
Máquinas para confección de herramientas, mantención y construcción de plantillas, máscaras y equipos especiales	
Afiladora de herramientas	3
Torno paralelo	2
Fresadora	1
Cepilladora limadora	1
Jig boring machine	1
Rectificadora cilíndrica universal	1
Total máquinas indirectas	9
Total máquinas directas	95
Total máquinas indirectas	9
Total máquinas	104
Valor total de las máquinas	$ 650 000 b/
Valor CIF puerto Sudamérica de las máquinas importadas	$ 400 000
Valor medio de las máquinas	$ 6 250

a/ Construidas en la empresa misma.
b/ Para las máquinas no importadas se consideraron los tipos y precios disponibles en el mercado brasileño.

/Cuadro 11

Cuadro 11

LISTA DE LAS MAQUINAS DE LA EMPRESA Te5

Máquinas	Cantidad
Torno paralelo hasta 1 000 mm entre puntas	8
Torno paralelo hasta 2 000 mm entre puntas	10
Torno roscador	1
Torno vertical	1
Torno revólver	9
Torno copiador	1
Fresadora universal	5
Fresadora vertical	4
Fresadora especial	1
Fresadora horizontal	1
Fresadora para roscas	1
Cepilladora de mesa (acabado y desbaste)	5
Cepilladora fresadora-rectificadora	1
Cepilladora vertical	1
Cepilladora limadora	2
Mandriladora horizontal	3
Mandriladora vertical	2
Taladro de columna y de banco	8
Taladro pesado	6
Taladro radial	6
Rectificadora externa y universal	7
Rectificadora interna	3
Rectificadora plana	4
Rectificadora para perfiles ranurados	1
Máquinas para engranajes tipo Fellows	3
Máquinas para engranajes tipo Maag	1
Máquinas para engranajes tipo Pfauter	1
Máquinas para engranajes tipo Barber-Colman	1
Máquinas para engranajes tipo Gleason	1
Rectificadora para dientes de engranajes	2
Escariadora (Broaching machine)	1
Máquina para roscas tipo Cri-dan	2
Enderezadora de ejes	1
Sierra	7
Máquinas para chapas	4
Máquinas para soldadura	2
Prensa hidráulica	2
Máquina para acabado superficial	1
Equilibradora dinámica	1
Rectificadora de centros	1
Centradora de ejes	1
Máquina divisora y grabadora	2
Máquinas especiales	7 a/
Varios	8
Total máquinas directas	140

a/ Construidas en la empresa misma.

/Cuadro 11 (Conclusión)

Cuadro 11 (Conclusión)

Máquinas	Cantidad
Máquinas para confección de herramientas, mantención, construcción de plantillas, máscaras y equipos especiales	
Jig boring machine	2
Fresadora de precisión	1
Torno paralelo	3
Fresadora universal	1
Rectificadora universal	1
Cepilladora limadora	1
Afiladora de herramientas	4
Taladro	2
Total máquinas indirectas	15
Total máquinas directas	140
Total máquinas indirectas	15
Total máquinas	155
Valor total de las máquinas	$ 1 200 000 b/
Valor CIF puerto sudamericano de las máquinas importadas	800 000
Valor medio de las máquinas	7 740

b/ Para las máquinas no importadas se consideraron los tipos y precios disponibles en el mercado brasileño.

/2. Otras

2. Otras inversiones

Bajo esta denominación pueden considerarse principalmente los items siguientes:

a) Equipos indirectos y complementarios de la producción
b) Medios de transporte mecanizados internos
c) Camiones y vehículos
d) Muebles y máquinas para escritorio
e) Equipos para laboratorio
f) Instalaciones industriales
g) Terreno
h) Construcciones.

Antes de evaluar porcentualmente o de determinar el monto de las inversiones probables, conviene definir la posición general de cada empresa frente a los puntos arriba mencionados, la que puede resumirse esquemáticamente como sigue:

Cuadro 12

DISTRIBUCION ESQUEMATICA POR EMPRESA DE LAS INVERSIONES EXCEPTUANDO LA MAQUINARIA

Item	Te_1	Te_2	Te_3	Te_4	Te_5
a	casi nulo	escaso	medio	completo	completo
b	-	-	aparejos	puentes-grúas y aparejos de izar	completo
c	-	-	-	sí	sí
d	-	escaso	medio	completo	completo
e	-	-	-	-	medio
f	-	-	-	medio	completo
g	-	-	-	sí	sí
h	arriendo	arriendo	arriendo	sí	sí

Con base en este esquema puede evaluarse el orden de magnitud de las inversiones totales, que deberán interpretarse siempre como condiciones medias que se registran normalmente en la práctica.

A continuación se muestran los datos para cada empresa.

/Cuadro 13

Cuadro 13

CALCULO DE LA INVERSION TOTAL POR EMPRESA

Denominación	Inversiones en dólares				
	Te_1	Te_2	Te_3	Te_4	Te_5
1) Máquinas directas e indirectas	35 000	100 000	250 000	650 000	1 200 000
2) Porciento de 1) para a,b,c,d,e,f	7	12	18	25	35
3) Valor de 2)	2 450	12 000	45 000	162 500	402 500
4) Area del terreno (m^2)	-	-	-	10 000	25 000
5) Valor del terreno (dólar por m^2)	-	-	-	1	1
6) Valor total del terreno (dólares)	-	-	-	10 000	25 000
7) Area construida (m^2)	-	-	-	7 000	16 000
8) Valor medio de la construcción (dólar por m^2)	-	-	-	30	30
9) Valor total de la construcción (dólares)	-	-	-	210 000	480 000
10) Valor de la inversión total 1) + 3) + 6) + 9)	37 450	112 000	295 000	1 032 500	2 107 500
11) Inversión por persona (directa e indirecta)	1 872	2 240	2 950	4 130	4 210
12) Inversión por persona directa	1 971	2 600	3 935	6 790	7 950
13) Valor porcentual de las máquinas sobre el total	93.5	89.3	84.7	63.0	57.0

Nota: Los datos característicos de 11) y 12) se ilustran en el gráfico XI.

/Gráfico XI

3. Costo de la hora-hombre directa

Uno de los métodos adoptados frecuentemente para efectuar el cálculo de los costos de una empresa consiste en relacionar todos los gastos y amortizaciones con las horas-hombre directas o productivas. Para las empresas Te_1, Te_2 y Te_3, en razón de la simplicidad de su estructura, es suficiente trabajar con una estimación global del valor medio de la hora-hombre directa. A su vez, para Te_4 y Te_5 resulta en la práctica más conveniente establecer valores medios para las diferentes secciones que operan con horas-hombre directas. Para los efectos de este estudio se presenta aquí sólo el costo de la hora-hombre directa calculado como promedio para todos los tamaños de empresa. Con este objeto deben tomarse en cuenta los siguientes puntos:

1. Contabilización de todas las horas-hombre directas ya definidas, esto es, las horas que se consideran como productivas, lo cual se hace mediante las fichas que acompañan al trabajo durante su ejecución.

2. Contabilización de todos los gastos efectuados en un año: sueldos, gastos generales y material indirecto para el consumo de oficinas y fábricas.

3. Amortizaciones de todas las inversiones realizadas. En los cálculos que siguen se ha considerado el 10 por ciento anual del valor de la inversión total. En realidad, una parte de estas inversiones debería amortizarse de acuerdo con el tiempo durante el cual se elabora un producto y que corresponde generalmente a menos de 10 años, como sería para el caso de los valores citados en el item a) del párrafo 2. Debido al carácter general de estas informaciones, también para dicho item se consideró una amortización anual correspondiente a 1/10 de su valor, lo cual no altera mayormente las conclusiones de este trabajo.

De lo anterior se deduce que el costo de la hora-hombre directa Ch será:

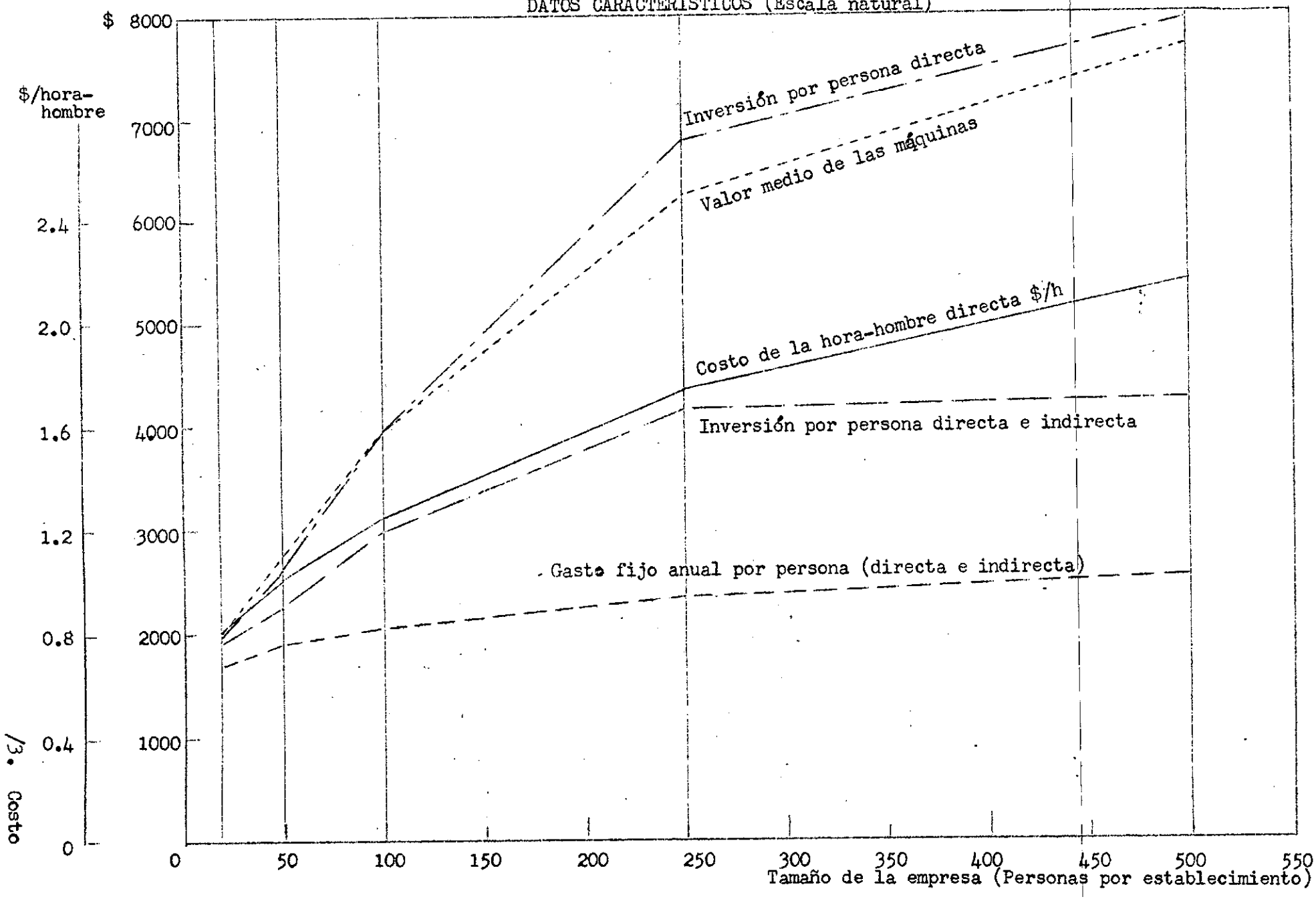
$$Ch = \frac{(2) + (3)}{(1)} \quad \text{en dólares}$$

Evidentemente cada Te se caracterizará por un valor de Ch diferente que aumentará en la medida que lo haga Te.

En el cuadro 14 se presentan los datos más característicos que deben tomarse en cuenta al efectuar el cálculo de la hora-hombre directa.

/Cuadro 14

Gráfico XI
DATOS CARACTERISTICOS (Escala natural)



/3. Costo

Cuadro 14

CALCULO DEL VALOR DE LA HORA-HOMBRE DIRECTA POR EMPRESA

Denominación	Te_1	Te_2	Te_3	Te_4	Te_5
1) Obreros y empleados (directos e indirectos)	20	50	100	250	500
2) Directos	19	43	75	152	265
3) Indirectos	1	7	25	98	235
4) Horas anuales de personal directo	2 200	2 200	2 200	2 200	2 200
5) Total de horas-hombre directas por año	41 800	94 600	165 000	334 400	583 000
6) Gasto en mano de obra directa por años (dólares)	10 743	24 312	42 405	95 304	183 062
7) Gasto en mano de obra indirecta por año (dólares)	942	6 591	23 540	101 548	263 670
8) 6)+7) (dólares)	11 685	30 903	65 945	196 852	446 732
9) Leyes sociales y seguros (porciento de 8)	60	60	60	60	60
10) Gasto en personal por año (dólares)	18 696	49 445	105 512	314 963	714 771
11) Amortización anual (10 por ciento de las inversiones totales) (dólares)	3 745	11 200	29 500	103 250	210 750
12) Gastos generales fijos por año (dólares)	6 000	20 000	38 000	90 000	200 000
13) Material de consumo por año (dólares)	5 000	12 500	30 000	70 000	140 000
14) Gasto total por año (10)+11)+12)+13) (dólares)	33 441	93 145	203 012	578 213	1 265 521
15) Costo de la hora-hombre directa (14) : 5) dólares por hora)	0.800	0.985	1.230	1.729	2.170
16) Gasto anual por persona (dólares)	1 672	1 863	2 030	2 313	2 531

/Una vez

Una vez que se conoce el costo de la hora-hombre directa Ch se pasa al costo total de la máquina, sumando los gastos correspondientes a los siguientes puntos:

a) Ch x número de horas-hombre directas verificadas para la fabricación de un producto.

b) Costo de la materia prima directa que se elabora en la fábrica en relación con el producto en cuestión.

c) Costo de las piezas que se adquieren terminadas para el montaje, como de los trabajos realizados por terceros.

Es evidente que estos cálculos no pueden considerarse aquí en vista de que se trata de un estudio generalizado sobre la materia. Sin embargo, más adelante se hace referencia a ellas en forma indirecta, cuando se relacionan los costos fijos con los posibles valores de venta.

Luego de determinar el costo de la hora-hombre Ch puede calcularse fácilmente el costo para 100 kilogramos de producto terminado, Co/100. Examinando nuevamente el gráfico V puede observarse que es posible sobrepasar otro haz de curvas Co/100, excluyendo aquéllas que son ajenas al campo de trabajo delimitado por el haz de curvas de productividad expresadas en toneladas por persona y por año.

Como puede apreciarse en el gráfico XII, Co/100 asume valores prácticos que varían entre 50 y 120 dólares por 100 kilogramos de producto terminado. De esta manera se ha obtenido un elemento de unión entre las posibilidades técnicas de las empresas y el costo operacional de las mismas.

Ahora bien, a fin de interpretar en mejor forma los costos Co/100, resulta conveniente relacionarlos con aquéllos referentes a los precios de venta, que fluctúan en general entre valores conocidos internacionalmente según el tipo, modelo, calidad y complejidad de los productos.

Con este propósito se preparó el cuadro 15, que permite establecer otros elementos de carácter restrictivo en cuanto a las posibilidades o conveniencias operativas de las empresas.

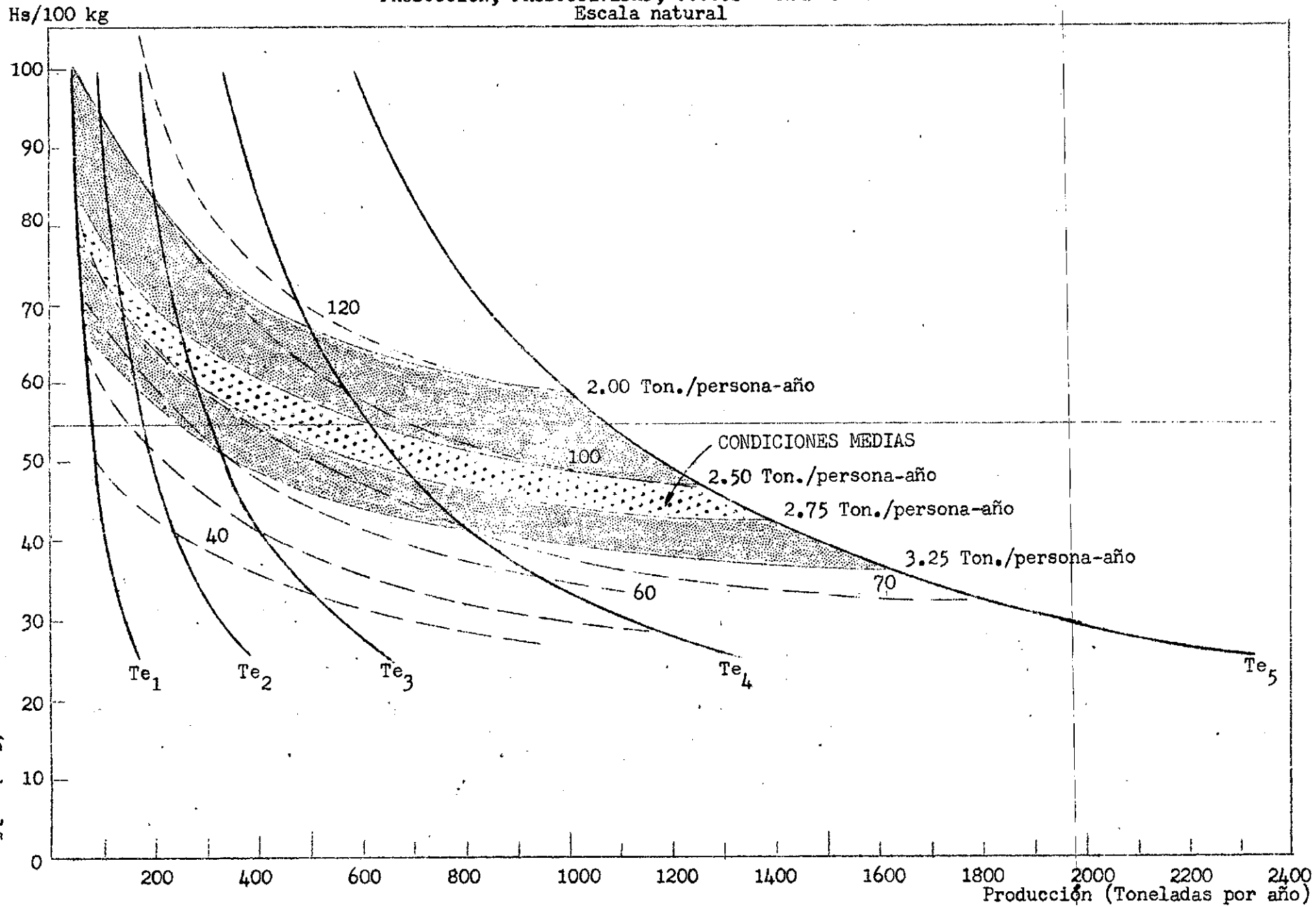
En el cuadro 15 se determina por un lado Co/100 y el equivalente Hs/100 con la producción anual en toneladas, y por otro, se eligen valores de venta Vv/100 (FOB fábrica) comprendidos entre 170 a 400 dólares por

/Gráfico XII

Gráfico XII

PRODUCCION, PRODUCTIVIDAD, COSTOS Y TAMAÑO DE EMPTESA

Escala natural



/Cuadro 15

Cuadro 15

RELACION PORCENTUAL ENTRE COSTOS FIJOS Y VENTAS

T_e	Co/100	Hs/100	Producción anual (ton.)	Precio de venta de las máquinas en dólares por 100 kg.								
				170	185	200	225	250	275	300	350	400
T_{e1}	120	150.0	27.9	70.6	64.9	60.0						
	110	137.5	30.4	64.7	59.5	55.0						
	100	125.0	33.4	58.8	54.0	50.0						
	90	112.5	37.1	52.9	48.6	45.0						
	80	100.0	41.8	47.0	43.2	40.0						
	70	87.5	47.8	40.0	37.8	35.0						
	60	75.0	55.7	34.3	32.4	30.0						
T_{e2}	120	121.8	77.6		64.9	60.0	53.4					
	110	11.7	84.7		59.5	55.0	49.9					
	100	101.5	93.2		54.0	50.0	44.5					
	90	91.3	103.7		48.6	45.0	40.0					
	80	81.2	116.5		43.2	40.0	35.5					
	70	71.1	133.0		37.8	35.0	31.1					
	60	60.9	155.2		32.4	30.0	26.7					
T_{e3}	120	97.5	169.2		64.9	60.0	53.4					
	110	89.4	184.5		59.5	55.0	49.9					
	100	81.3	203.0		54.0	50.0	44.5	40.0				
	90	73.1	226.0		48.6	45.0	40.0					
	80	65.0	254.0		43.2	40.0	35.5					
	70	56.9	290.0		37.8	85.0	31.1					
	60	48.8	338.0		32.4	30.0	26.7					

/Cuadro 15 (Conclusión)

Cuadro 15 (conclusión)

T_e	Co/100	Hs/100	Producción anual (ton)	Precio de venta de las máquinas en dólares por 100 kg.								
				170	185	200	225	250	275	300	350	400
T_{e4}	120	69.4	482			60.0	53.4	48.0	43.6			
	110	63.6	526			55.0	49.9	44.0	40.0	33.3		
	100	57.8	579			50.0	44.5	40.0	36.4			
	90	52.0	643			45.0	40.0	36.0	32.7			
	80	46.2	724			40.0	35.5	32.0	29.1			
	70	40.5	826			35.0	31.1	28.0	25.4			
	60	34.7	964			30.0	26.7	24.0	21.8			
T_{e5}	120	55.3	1052			60.0	53.4	48.0	43.6	40.0	34.3	30.0
	110	50.7	1150			55.0	49.9	44.0	40.0	36.7	31.4	27.5
	100	46.1	1265			50.0	44.5	40.0	36.4	33.3	28.6	25.0
	90	41.5	1405			45.0	40.0	36.0	32.7	30.0	25.7	22.5
	80	36.9	1580			40.0	35.5	32.0	29.1	26.7	22.9	20.0
	70	32.2	1810			35.0	31.1	28.0	25.4	23.3	20.0	17.5
	60	27.7	2100			30.0	26.7	24.0	21.8	20.0	17.1	15.0
Vv/100				170	185	200	225	250	275	300	350	400
Q				Q_1	Q_1-Q_2	Q_1-Q_2 Q_3	Q_2-Q_3	Q_2-Q_3	Q_3	Q_3	Q_3 Q_3	Q_3 Q_3
I_c en calidad Q_1				10-50	50-100	100-250						
I_c en calidad Q_2					10-62	10-100	10-175	100-300				
I_c en calidad Q_3						10-50	10-125	50-250	100-400	100-400	100-400	200-400

Condiciones relativas a factores favorables y posibles.

Poco probable debido al bajo valor de Hs/100 en relación con Vv./100. Con el incremento de Vv/100 aumenta Q; para Q constante crece I_c.

Condiciones poco recomendables debido al elevado C^u/100 y consecuente Hs/100 alto. Casos que dependen principalmente del costo de la materia prima.

Casos considerados inoperantes debido a valores altos de C^u/100 o bajos Hs/100 con relación a Vv/100.

/100 kilogramos

100 kilogramos de producto terminado. El resto de los valores tabulados corresponde a porcentajes de Co/100 sobre Vv/100, o sea el porciento del costo operacional sobre el valor de las ventas. De ahí resulta obvio que este valor no puede ser uno cualquiera porque la diferencia porcentual hasta 100 debe ser absorbida por:

a) La materia prima a ser usinada
b) Los elementos adquiridos terminados o trabajados por terceros
c) Los gastos de ventas y representación
d) Los descuentos bancarios
e) Varios
f) Ganancia bruta.

Si se admite que Te_1 puede operar con un porcentaje máximo del orden de 50 por ciento, éste baja a 45 para Te_2, 40 para Te_3 y, haciendo una estimación prudente, a valores inferiores a 40 para Te_4 y Te_5.

Es conveniente señalar una vez más, que se trata de condiciones medias y que por lo tanto debe admitirse que pueden ocurrir fluctuaciones eventuales alrededor de estos valores, de acuerdo con la naturaleza de los productos.

Como consecuencia del campo de trabajo definido anteriormente de las empresas en relación con Q e I_c, resulta posible realizar ahora la determinación de cuáles son los valores de venta más probables Vv/100 de los productos fabricados por las diversas empresas Te. De un modo general, las máquinas que se venden con un precio superior a 300 dólares por 100 kilogramos no son numerosas, pues se trata de material con elevados índices I_c, de calidad Q_3 y con complicados circuitos eléctricos e hidráulicos, cuyos precios por kilogramo son bastante elevados, en razón de lo cual se admite que ellas son fabricadas sólo por la empresa Te_5.

4. Resumen

A fin de condensar en mejor forma las diversas consideraciones, cálculos y posiciones adoptados en este estudio, se presentan a continuación una serie de datos que facilitarán el enfoque de los principales problemas que se enfrentan en el campo de trabajo que corresponde a cada empresa.

Mediante esta visión de conjunto se hace posible obtener un mínimo de orientación general, especialmente útil cuando se desea tomar nuevas iniciativas en este sector, de naturaleza tan compleja y difícil y que, además de sus propios problemas, produce y se desarrolla con el objeto de solucionar una parte importante de aquellos problemas que atañen a los consumidores.

/Cuadro 16

Cuadro 16

RESUMEN DE LAS PRINCIPALES CARACTERISTICAS OPERATIVAS DE LAS EMPRESAS CONSIDERADAS

Denominación	Te_1	Te_2	Te_3	Te_4	Te_5
Personal total (directo e indirecto)	20	50	100	250	500
Personal directo	19	43	75	152	265
Personal indirecto	1	7	25	98	235
Número de horas-hombre directas por año	41 800	94 600	165 000	334 400	583 000
Costo de la hora-hombre directa (dólares)	0.800	0.985	1.230	1.729	2.170
Puede construirse en las calidades	Q_1-Q_2	Q_1-Q_2-Q_3	Q_1-Q_2-Q_3		
Debe construirse en las calidades				Q_2- Q_3	Q_3
I_c posible con Q_1	10-125	10-200	100-250	-	-
I_c posible con Q_2	10-62	10-100	10-175	100-300	-
I_c posible con Q_3	-	10-50	10-125	50-250	100-400
Peso máximo recomendable de las máquinas (toneladas)	1.0	1.25	1.50	Hasta 10 + 55	Todos los casos
Hs/100 máximo recomendable	125.0	101.5	81.3	63.6	55.3
Hs/100 mínimo compatible con la organización y el equipo	75.6	60.9	56.9	40.5	32.2
Producción máxima en toneladas por hombre-año	2.78	3.10	2.90	3.30	3.62
Producción mínima en toneladas por hombre-año	1.67	1.86	2.03	2.10	2.10
Producción máxima total por año (toneladas)	55.7	155.2	290	82.6	181
Producción mínima total por año (toneladas)	33.4	93.2	203	52.6	105.2
Co/100 mínimo (dólares)	60	60	70	70	70-80
Co/100 máximo (dólares)	100	100	100	110	120
Precio de venta mínimo Vv/100 min. de las máquinas en dólares	170	185	185	200	200
Precio de venta máximo Vv/100 max. de las máquinas en dólares	200	225	225	275 (300)	350 (400)

/Capítulo IV

Capítulo IV

ALGUNOS EJEMPLOS DE APLICACIONES PRACTICAS

1. Construcción de una cepilladora-limadora

Se trata de fabricar 60 cepilladoras-limadoras por año, con las características siguientes:

Peso	0.75 ton
Ic	50
Calidad	Q_1

Este producto no interesa a Te_4 y Te_5 (ver cuadro 3), y por lo tanto se ve la conveniencia de construirlo en las fábricas Te_1, Te_2 y Te_3. Admitiendo inicialmente que la productividad sea la misma para las tres empresas, 2.25 tons por persona y por año, y con la ayuda del gráfico V, se tendrá:

	Te_1	Te_2	Te_3
Hs/100	93	86	76
Hs para toda la máquina	697	645	570
Costo de la hora-hombre directa (dólar/hora)	0.800	0.985	1.230
Co/100 (dólar)	74.4	84.7	93.4
Co para toda la máquina (dólar)	558	635	700
Vv/100 más probable (dólar)	185	185	185
Precio de venta de la máquina (dólar)	1 388	1 388	1 388
Relación $\frac{Co/100 \text{ (porciento)}}{Vv/100}$	40.2	45.8	50.4

El valor porcentual $\frac{Co/100}{Vv/100}$ es más favorable para Te_1 que para Te_2 y Te_3, en vista de lo cual, para que Te_2 y Te_3 estén en posición de competir con Te_1, deberán aumentar su productividad de manera que Co/100 (74.4) resulte constante; en este caso se modificarían los Hs/100 respectivas y los datos serían los que se indican a continuación:

	Te_1	Te_2	Te_3
Hs/100	93	76	60
Co/100	74.4	74.4	74.4
Productividad en tons/persona-año	2.25	2.65	2.87
Tonelaje anual para las 60 máquinas	45	45	45
Porciento sobre la capacidad anual	100	34.0	15.7

/En base

En base a lo anterior pueden formularse las observaciones siguientes. Si Te_3 trabajara con Hs/100=70 o incluso con menos, podría alcanzar con seguridad la calidad Q_2, lo que es de gran interés para este tamaño de empresa en vista de que podrá vender el producto a Vv/100=200 o hasta 225 en casos favorables. Admitiendo ahora que la empresa Te_3 piensa especializarse en la construcción de máquinas de movimiento alternativo, como por ejemplo, que fabrique 3 modelos, en este caso favorable el producto de calidad Q_1 podrá ser fácilmente elaborado con Hs/100 máximo de 57, que corresponde a un Co/100=70. Los costos resultarían así inferiores en cerca de 6 por ciento a los de Te_1.

En cuanto al factor serie, para Te_1 resultan 5 máquinas mensuales en 12 lanzamientos por año, mientras que Te_3 puede escoger entre 8 y 12; pueden producirse series repetitivas de 7 a 8 máquinas alternativamente, en 8 lanzamientos.

En este caso puede observarse que el factor serie no sería suficiente para justificar el paso de 93 a 57 Hs/100 - reducción de 40 por ciento - para Te_1 y Te_3, respectivamente. Ello significa que dicha reducción debe provenir tanto de la mayor capacidad técnica del personal para aprovechar en mejor forma los recursos de las máquinas, como del empleo en más cantidad de equipos de fabricación auxiliares adecuados, tales como plantillas, máscaras y herramientas.

De acuerdo con los datos mencionados anteriormente, a fin de que la producción de Te_2 sea competitiva en relación con Te_1, es necesario que la diferencia de productividad sea del orden de 18 por ciento, lo que es posible para Te_2 en la calidad Q_1.

Si Te_2 fabricara el producto en la calidad Q_2, se colocaría en las condiciones extremas de costo operacional - Co/100 y Hs/100 elevados - en relación con Te_3, siendo posible que esta última participe en la misma proporción existente, en la calidad Q_1, entre Te_2 y Te_1.

Para una consideración más profundizada del campo de fabricación de las cepilladoras-limadoras, puede tomarse una máquina compleja y perfeccionada de calidad Q_2, I_c=80 y 1.5 toneladas de peso, con valor comercial Vv/100 entre 200 y 225, asumiendo que se fabriquen 100 máquinas en un año. Se comprueba que:

a) El tonelaje

a) El tonelaje anual es superior a la capacidad máxima de Te_1.

b) Aunque la cantidad anual fuese menor, el peso del producto es superior al recomendado para Te_1.

c) Absorbe toda la capacidad productiva de Te_2 para valores del orden de 61 Hs/100, lo que resulta bajo en relación con el producto y los recursos de la fábrica.

d) Puede ser fabricado por Te_3, representando sólo una parte de la propia capacidad productiva.

e) Puede interesar a Te_4 a condición de que la producción complementaria referente a otros productos sea más compleja. De hecho, sería más recomendable para esta empresa la construcción de máquinas de calidad Q_2, con valores de I_c ≠/100. (Ver cuadro 3.)

f) El producto no interesa a Te_5 porque es de calidad Q_2.

De lo anterior se deduce que la fabricación de esta máquina es conveniente para Te_3, que podría elaborar el producto entre 65 y 73.1 Hs/100 y venderlos a 200-225 Vv/100. De esta manera, Te_3 todavía tiene horas directas disponibles para producir alrededor de 100 toneladas de máquinas por año en 1 ó 2 modelos, lo que parece ventajoso.

La producción podría fraccionarse en 8 lanzamientos por año, obteniéndose series repetitivas de 12 y 13 máquinas en forma alternativa.

2. Construcción de 500 toneladas por año de tornos paralelos

Para ello se seleccionan tres modelos de tornos, con las siguientes especificaciones:

A) 200 tornos de 0.8 ton cada uno, I_c = 72, 160 toneladas por año

B) 150 tornos de 1.2 ton cada uno, I_c = 90, 180 toneladas por año

C) 80 tornos de 2.0 ton cada uno, I_c =150, 160 toneladas por año

Todos de calidad Q_2.

Desde luego se observa que este tonelaje no pueden alcanzarlo Te_1, Te_2 o Te_3, correspondiendo más bien tanto a Te_4 como a Te_5, aunque a éste último no le interesa fabricar el producto pues es de calidad Q_2.

En consecuencia, se estudia la conveniencia de producir las 500 toneladas en el tamaño Te_4 o fraccionarlas entre empresas de tamaño inferior. Los valores comerciales más probables son los siguientes:

/Para I_c

Para $I_c = 72$	$Vv/100 = 200$
$I_c = 90$	$Vv/100 = 200 \div 225$
$I_c = 150$	$Vv/100 = 225 \div 250$

Una empresa bien organizada de tamaño Te_4, puede elaborar productos con valores fluctuantes de Hs/100 entre 40.5 y 52 para los tornos A y C respectivamente, mientras que para el torno B éste podrá ser de aproximadamente 43. Con estos datos, para que Te_4 fabrique los 3 modelos de tornos, ocuparía el 68 por ciento de las horas directas disponibles en un año, ocupándose las horas directas restantes tanto para aumentar la producción de los 3 modelos, como para la construcción de un cuarto modelo.

Si la producción se considera fraccionada en empresas de tamaño menor, pueden formularse las observaciones siguientes:

a) Te_1 no tiene capacidad para fabricar los productos A, B y C. (Véase cuadro 3.)

b) A fin de que Te_2 pueda producir el torno modelo A, debería trabajar a menos de 60 Hs/100, lo que no parece posible en la calidad Q_2 con $I_c = 72$.

c) Te_3 tiene la capacidad para producir los 3 tipos de torno, pero para ello se necesitarían 3 empresas, cada una con horas directas disponibles para otras fabricaciones.

Las empresas de tamaño Te_3 podrían producir los dos primeros tornos A y B con Hs/100 entre 60 y 70, mientras que el torno C más pesado, de $I_c = 150$, por estar próximo al límite de peso máximo recomendable de las máquinas, por el tamaño y también el elevado I_c en relación con Q_2, difícilmente podría construirse con menos de 80 Hs/100.

En base a lo anterior se ha preparado el cuadro a continuación, en el cual se muestran las diferencias más probables que pueden existir entre las diversas empresas, de acuerdo con los datos más característicos.

/Cuadro 17

Cuadro 17

CARACTERISTICAS OPERATIVAS DE LAS DOS EMPRESAS EN RELACION CON EL EJEMPLO DE FABRICACION DE TORNOS

Denominación	$Te_3,1$	$Te_3,2$	$Te_3,3$	Te_4
Torno paralelo: 0.8 ton, $I_c = 72$, calidad Q_2	x			x
Hs/100 más probable	60 ÷ 65			40.5
Co/100 correspondiente	74 ÷ 80			70
Co para la máquina (dólares)	602 ÷ 640			560
Vv/100	200			200
Co/100 / Vv/100	37 ÷ 40			35
Torno paralelo: 1.2 ton, $I_c = 90$, calidad Q_2		x		x
Hs/100 probable		65 ÷ 70		43
Co/100 correspondiente		80 ÷ 86		74.4
Co para la máquina		960 ÷ 1 150		893
Vv/100		200 - 225		200 - 225
Co/100 / Vv/100		40 ÷ 43		37.2 ÷ 33.0
Torno paralelo: 2.0 ton, $I_c = 150$, calidad Q_2			x	x
Hs/100 más probable (mínimo)			81.3	52
Co/100 correspondiente			100	90
Co para la máquina			2 000	1 800
Vv/100			225 ÷ 250	225 ÷ 250
Co/100 / Vv/100			44.5 ÷ 40.0	40 ÷ 36

/De este

De este cuadro se desprende que la empresa Te_4 tiene ventajas sobre las Te_3 en cuanto a los costos fijos Co/100, pudiendo elaborar así productos con valores de Hs/100 inferiores a las otras empresas, lo que compensa la desventaja de que el costo de la hora-hombre directa sea más elevado en cerca de 40 por ciento.

Si Te_4 produce los tres modelos, tendrá la ventaja de usinar piezas comunes y aprovechar en mejor forma las herramientas, además de que la garantía técnica del producto que podrá ofrecer Te_4 al usuario es sin dudas superior a la de las empresas de menor tamaño, como ya se mencionó anteriormente.

Sugestiones

La materia objeto del presente estudio, que se ha tratado a propósito en sus aspectos generales, indica claramente la forma en que algunos argumentos podrán ser reconsiderados posteriormente conmayor profundidad, subentendiéndose que para ello es indispensable recoger cantidad apreciable de informaciones.

De esta manera, un estudio sistemático sobre los índices de complejidad I_c permitirá tabular datos adicionales a los mostrados en el gráfico I y, eventualmente, considerar asimismo el factor suplementario que representan los circuitos eléctricos cuyos problemas técnicos, aunque no directamente ligados con el usinado, forman parte de las complicaciones de las máquinas.

En relacipon con el peso de las máquinas se hicieron en su oportunidad los comentarios correspondientes. En cuanto a la calidad de construcción Q, tal vez sea posible encontrar una cierta relación cuantificada con los pesos de las máquinas, reuniéndose así en un coeficiente numérico único Q, I_c y peso, las características principales de un número importante de máquinas. Entretanto, debe señalarse que la base fundamental para obtener este resultado será siempre la cantidad creciente de informaciones recogidas en forma sistemática junto a varios fabricantes de todo tipo de máquinas, localizados en diversos países.

Finalmente, las presentes notas ilustrativas permiten entrever asimismo la existencia de cierto interés en separar las máquinas de deformación de aquellas de arranque de viruta, cuyos datos característicos de producción, técnica, organización, peso, etc., difieren de las primeras, algunas veces de manera notable.