

NACIONES UNIDAS

CONSEJO
ECONOMICO
Y SOCIAL



LIMITADO

ST/ECLA/CONF.11/L.14
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 (GETA, GEIMAPE, GEIMET, GEIN), de la Confederação Nacional da Indústria, y de la Federação das Indústrias do Estado de São Paulo

São Paulo, Brasil, 4 al 15 de marzo de 1963

ECONOMIAS DE ESCALA EN LA FABRICACION DE
TUBOS DE ACERO CON COSTURA

Documento preparado por la
Secretaría de la CEPAL

Nota: En su versión actual este documento - que es de circulación limitada y que está pendiente de revisión editorial - se presenta exclusivamente como material de discusión para los fines del Seminario. Antes de su distribución posterior como documento público, la Secretaría podrá incorporar cambios de forma y fondo, conforme lo aconsejen su revisión más detenida y las sugerencias que pudieran emanar de las propias discusiones del Seminario.

INDICE

	<u>Páginas</u>
I. OBJETIVO	1
II. DESCRIPCION DEL METODO UTILIZADO	1
1. Velocidades de soldadura	2
2. Volumen de producción anual	4
III. INVERSIONES	9
IV. NECESIDADES DE CAPITAL	13
V. GASTOS ANUALES MEDIOS	17
1. Mano de obra directa e indirecta	18
2. Mantenimiento y reposición	20
3. Depreciación del equipo	21
4. Seguro de las instalaciones	21
5. Administración	21
6. Intereses	22
7. Diversos	
VI. CONSIDERACIONES FINALES	23
1. Sinopsis técnica	23
2. Comportamiento general de las familias de curvas	25
3. Coeficientes de elasticidad y las tecnologías alternativas	27
4. La relación tamaño - Inversión y sus variaciones	30
5. Conclusiones	31
ANEXO I	
Cuadro A	35
Cuadro B	36
Cuadro C	37
Cuadro D	38
Cuadro E	39
Esquema de las fábricas a, b y c	
Gráficos	

I. OBJETIVO

El presente estudio tiene por objeto mostrar las formas generales y las tendencias de las curvas de variación de los insumos de capital y de los costos medios de fabricación, en función de los diferentes volúmenes de producción en la industria de tubos de acero con costura.

En otras palabras, el objeto del trabajo es el de evidenciar, en tanto que sea posible, la existencia de economías o deseconomías de escala en este sector de la actividad industrial.

II. DESCRIPCION DEL METODO UTILIZADO

Este trabajo se orienta en el sentido de recabar una información que permita obtener curvas suficientemente representativas de las inversiones, de las necesidades de capital y de los costos unitarios correspondientes a diferentes volúmenes de producción, como también las distintas condiciones de operación posibles de ser encontradas en la práctica.

Dada la complejidad del problema, la escasez de datos estadísticos y de informaciones técnico-económicas referentes a diversos métodos de producción de tubos, el presente trabajo se limita a tratar solamente el proceso ERW (electric-resistance-welding).

En caso de ser continuadas estas investigaciones se analizarán otros procesos no mencionados en el presente trabajo.

Los datos utilizados para calcular las magnitudes físicas (velocidades de soldadura, volúmenes de producción, etc.) tanto como los valores económico-financieros (precios de las máquinas, de la materia prima, costo de la mano de obra, etc.), fueron obtenidos directamente de fuentes especializadas (fabricantes de máquinas, proveedores de materias primas, fabricantes de tubos, etc.), correspondiendo por tanto a las condiciones que, en término medio, son bastante representativas de la situación existente dentro de la industria.

Las informaciones disponibles obligaron a limitarse por el momento a la fabricación de tubos hasta 4" de diámetro nominal.

Básicamente se estudiaron tres empresas: a, b y c, dedicadas únicamente a la fabricación de tubos con costura.

/Las tres

Las tres fábricas trabajan 2 400 hrs./año y cada una de ellas dispone solamente de una línea de producción.^{1/}

La diferencia principal entre a, b y c consiste en las características operativas del equipo existente en cada fábrica y en particular en el rendimiento de las máquinas de soldar.

Para examinar la influencia que tiene el aumento de las horas de trabajo anuales sobre las economías de esas fábricas, se estudiaron los incrementos del trabajo aumentando a dos y tres turnos, esto es 4 800 y 7 200 horas anuales respectivamente, designándose estos casos como 2a, 2b, 2c, y 3a, 3b, y 3c.

Finalmente, y con el objeto de analizar la influencia que sobre los insumos de capital y costos de fabricación tendrían los aumentos sistemáticos del número de líneas de producción, se estudiaron los casos 2A, 2B y 2C. En cada una de estas fábricas el número de horas de trabajo es de 2 400 al año, pero las líneas de producción doblan en capacidad a los equipos existentes en las fábricas a, b y c.

1. Velocidades de soldadura

El volumen de producción anual de una fábrica de tubos con costura depende básicamente de la capacidad de las máquinas de soldar, la que a su vez está en función de las características operativas y, principalmente de las velocidades de soldadura realizables.

La velocidad de soldadura depende, entre otros factores, del espesor de la chapa, de la facilidad del material para ser soldado y de la relación entre el diámetro nominal y el espesor de pared del tubo.

Los valores correspondientes a estas características citadas de las máquinas de soldar se muestran en el cuadro 1, de acuerdo con las normas ASA, schedule 40.

^{1/} Como anexo II se muestra un esquema de la distribución de los principales departamentos de las plantas consideradas.

Cuadro 1

VELOCIDADES PRACTICAS DE LAS MAQUINAS DE SOLDAR PARA LA FABRICACION
 DE TUBOS DE ACERO CARBONO, EN LAS PLANTAS CONSIDERADAS

Planta a ^{1/}		Planta b ^{2/}		Planta c ^{3/}	
Diámetro nominal en pulgadas	Velocidad de soldar pies/minuto	Diámetro nominal en pulgadas	Velocidad de soldar pies/minuto	Diámetro nominal en pulgadas	Velocidad de soldar pies/minuto
1/4	166	1/4	285	1 1/4	200
3/8	155	3/8	266	1 1/2	187
1/2	108	1/2	185	2	166
3/4	100	3/4	172	2 1/2	95
1	73	1	124	3	84
1 1/4	65	1 1/4	112	3 1/2	77
1 1/2	62	1 1/2	105	4	70
2	54	2	92		
		2 1/2	54		

1/ Incluye los casos 2a, 3a y 2A.

2/ " " " 2b, 3b y 2B.

3/ " " " 2c, 3c y 2C.

/2. Volumen

2. Volumen de producción anual

El volumen de producción anual, en toneladas, en cada uno de los casos estudiados, está en función de las siguientes variables:

1. número de líneas de producción en paralelo
2. velocidades de soldadura
3. programas de fabricación
4. turnos de trabajo anual

Para las fábricas a, b, c, 2a, 2b y 2c, 3a, 3b y 3c se consideró una sola línea de producción, y para las fábricas 2A, 2B y 2C, dos líneas de producción.^{2/}

Se entiende por programa de fabricación la distribución establecida para la jornada de trabajo de modo que cada tipo de tubo se produzca en una fracción determinada del total de horas trabajadas anualmente. Para la elaboración de un programa de fabricación debe tenerse en cuenta principalmente las características del mercado consumidor, como también las características operativas de las máquinas de soldar disponibles.

En cuanto a las tendencias del consumo se utilizó como hipótesis simplificadora del trabajo, que la demanda del mercado se dirige hacia tubos negros, de acero al carbono del tipo ASA, schedule 40 con bordes lisos o biselados.

Se consideró que el mercado es lo suficientemente amplio para absorber la totalidad de cualquiera de las cantidades de tubos producidos por las fábricas estudiadas.

En el cuadro 2 se muestran los valores de los diámetros nominales, espesuras de pared y pesos lineales que define las características dimensionales de los tubos ASA schedule 40.

Finalmente los turnos de trabajo anuales tienen marcada influencia

^{2/} Los casos a que darían lugar una triplicación de las líneas de producción, sólo se considerarán en la parte última de este estudio a fin de disponer de mayor número de datos que ayuden a estudiar de una forma más completa el comportamiento de las relaciones tamaño-inversión.

/sobre los

sobre los volúmenes de producción; por eso combinándolos con las variaciones del número de líneas de producción, diversidad de tipos de tubos y diversas velocidades de soldadura, es posible dentro de una misma fábrica establecer diferentes programas de producción, y consecuentemente alcanzar diferentes volúmenes de producción anual. Sin embargo, para simplificar el trabajo, se han considerado solamente cinco programas de fabricación para los diferentes establecimientos y se detallan en el cuadro 3 en donde también se incluye, el porcentaje de tiempo anual ocupado en la fabricación de cada dimensión.

Cuadro 2

CARACTERISTICAS DIMENSIONALES DE LOS TUBOS ASA, SCHEDULE 40

Planta a ^{1/}			Planta b ^{2/}			Planta c ^{3/}		
Diámetro nominal (IN)	Espe-sor de pared (IN)	Peso lineal (LB/FT)	Diámetro nominal (IN)	Espe-sor de pared (IN)	Peso lineal (LB/FT)	Diámetro nominal (IN)	Espe-sor de pared (IN)	Peso lineal (LB/FT)
1/4	.088	.42	1/4	.088	.42	1 1/4	.140	2.27
3/8	.091	.57	3/8	.091	.57	1 1/2	.145	2.72
1/2	.109	.85	1/2	.109	.85	2	.154	3.65
3/4	.113	1.13	3/4	.113	1.13	2 1/2	.203	5.79
1	.133	1.68	1	.133	1.68	3	3.500	7.58
1 1/4	.140	2.27	1 1/4	.140	2.27	3 1/2	4.000	9.11
1 1/2	.145	2.72	1 1/2	.145	2.72	4	4.500	10.79
2	.154	3.65	2	.154	3.65			
			2 1/2	.203	5.79			

1/ Incluye los casos 2a, 3a y 2A.

2/ " " " 2b, 3b y 2B.

3/ " " " 2c, 3c y 2C.

Los valores de las columnas PROG I y PROG V corresponden a situaciones extremas en las que el ciento por ciento de las horas totales de trabajo anual se dedican respectivamente a la fabricación de los tubos de menor y de mayor pesos lineales, posibles de ser fabricados por las máquinas existentes en a,b,c, etc.

/Cuadro 3

PROGRAMAS DE FABRICACION

Diámetro nominal pulgadas	Programa I						Programa II						Programa III						Programa IV						Programa V						
	Planta a		Planta b		Planta c		Planta a		Planta b		Planta c		Planta a		Planta b		Planta c		Planta a		Planta b		Planta c		Planta a		Planta b		Planta c		
	Ton/año	% a/a	Ton/año	% a/a	Ton/año	% a/a	Ton/año	% a/a	Ton/año	% a/a	Ton/año	% a/a	Ton/año	% a/a	Ton/año	% a/a	Ton/año	% a/a	Ton/año	% a/a	Ton/año	% a/a	Ton/año	% a/a	Ton/año	% a/a	Ton/año	% a/a	Ton/año	% a/a	
1/4	4 560	100	7 800	100			1 050	23	1 590	20			570	12.5	870	11.1			92	2	156	2									
3/8		0		0			1 160	20	1 780	18			722	12.5	1 100	11.1			290	5	422	4									
1/2		0		0			1 020	17	1 600	16			750	12.5	1 140	11.1			478	8	670	7									
3/4		0		0			1 040	14	1 700	14			930	12.5	1 410	11.1			815	11	1 120	9									
1		0		0			885	11	1 510	11			1 010	12.5	1 510	11.1			1 120	14	1 520	11									
1 1/4		0		0	29 800	100	772	8	1 460	9	7 820	27	1 210	12.5	1 850	11.1	4 220	14.3	1 630	17	2 220	13	600	2							
1 1/2		0		0			558	5	1 220	6	7 500	22	1 360	12.5	2 080	11.1	4 750	14.3	2 210	20	2 920	16	2 030	6							
2		0		0			265	2	930	4	7 300	18	1 610	12.5	2 440	11.1	5 660	14.3	2 970	23	3 950	18	4 000	10	12 900	100					
2 1/2				0					420	2	5 150	15			2 250	11.1	5 120	14.3			4 130	20	5 160	14			20 500	100			
3				0							4 190	10				5 940	14.3					7 680	18								
3 1/2				0							2 780	6				6 560	14.3					10 400	23								
4				0							980	2				7 100	14.3					13 100	27					49 500	100		
Total	4 560		7 800		29 800		6 750		12 210		35 720		8 162		14 650		39 350		9 605		17 108		42 970		12 900		20 500		49 500		

a/ Porcentaje del tiempo de fabricación.

/El tonelaje

El tonelaje que se indica en la columna PROG III se refiere al programa de fabricación que cubre uniformemente la totalidad de cada uno de los tubos de diferentes diámetros que pueden ser soldados, de manera tal que corresponda a cada dimensión el mismo tiempo de fabricación.

En las columnas PROG II y PROG IV se muestran los diferentes volúmenes referentes a programas de fabricación intermedios; el PROG II se concentra en la fabricación de tubos de pequeño peso lineal en tanto que el PROG IV se concentra sobre los tubos de gran diámetro.

Los volúmenes de producción correspondientes a las empresas A, B y C se obtuvieron teniendo en cuenta que la producción anual de cada una de ellas depende del programa de producción elegido.^{3/} Análogamente se calcularon los valores correspondientes a las fábricas 2a, 2c, 3a, 3b y 3c.

Los programas de fabricación del tipo PROG IV parecen ser los más frecuentes, en términos generales, ya que los fabricantes de tubos procuran en la práctica, en tanto que sea posible, fabricar tubos de elevado peso lineal. Por esta razón, y para los efectos del presente trabajo, la capacidad de producción nominal de cualquiera de las fábricas estudiadas se define como la producción anual que resulta de la aplicación del PROG IV de fabricación. Posteriormente utilizaremos las cifras nominales.

Es interesante observar que los volúmenes de producción anual están fuertemente condicionados por los programas de fabricación. Los valores mostrados en el cuadro 4 indican que por influencia exclusiva de los programas de fabricación, los volúmenes anuales de producción de las empresas a, b, y c pueden variar entre menos del 50 por ciento y más del 130 por ciento de los respectivos valores nominales, lo que resulta una gama de variación considerable.

^{3/} El número de líneas en paralelo opera como un escalador del volumen de producción de un programa dado, cuya multiplicación da el volumen anual de producción.

Cuadro 4
 VOLUMEN DE PRODUCCION ANUAL
 (En números índices)

	Programa I	Programa II	Programa III	Programa IV	Programa V
a	47.5	70.2	85.0	100	131.0
b	45.7	71.5	86.0	100	120.0
c	69.2	83.0	91.5	100	115.0

Cuadro 5
 MONTO DE LAS INVERSIONES
 (En miles de dólares)

	Terrenos	Edificios	Máquinas de soldar	Otras máquinas y equipos	Diversos	Total
a, 2a, 3a	11.5	254.9	226.4	573.5	160.0	1 223.3
b, 2b, 3b	11.6	259.3	473.4	674.0	160.0	1 578.3
c, 2c, 3c	11.8	265.8	599.4	842.0	180.0	1 899.0
II a	12.9	305.0	452.8	591.1	200.0	1 561.8
II b	13.0	310.0	946.8	696.1	200.0	2 165.9
II c	13.4	322.0	1 198.8	872.9	225.0	2 632.1

/III. INVERSIONES

III. INVERSIONES

Los principales componentes de la inversión para instalar una fábrica de tubos de acero con costura son: el terreno, el edificio, las máquinas de soldar y los equipos que forman las líneas de producción.

Para las fábricas a, b y c etc., las cifras correspondientes están en el cuadro 5. Los gráficos 1, 2, 3, 4 y 13 muestran las variaciones de las curvas de las inversiones en función de los diferentes volúmenes de producción anual alcanzados en cada empresa. Los párrafos siguientes explican la forma cómo se obtuvieron los valores de la inversión.

En cuanto a la localización se supone que las fábricas de tubos de acero con costura se sitúan en los alrededores de pequeños centros urbanos donde el costo del terreno es por lo general bajo.

A pesar de que el precio medio de los terrenos industriales varía de región a región, se consideró, en una primera aproximación, US\$ 1 por m² como razonablemente representativo de las condiciones medias encontradas.

Las necesidades de área cubierta se determinaron integrando la superficie necesaria para las diversas secciones de las plantas, como lo muestra el cuadro 6.

Obviamente los terrenos necesarios para la instalación de las diversas fábricas son la suma de las áreas cubiertas más la de los valores destinados a patios exteriores. Estas áreas externas para cualquiera de las fábricas estudiadas tienen un área de 4 180 m².

Los aumentos de los turnos de trabajo anual en los casos 2a, 2b, 2c, 3a, 3b, y 3c, no suponen modificaciones en sus lay-outs respectivos, por lo tanto las necesidades del área cubierta serán idénticas a las de a, b, y c.

En los casos 2A, 2B y 2C los requisitos medios del área cubierta son ligeramente superiores, en virtud de que existen dos líneas de producción operando en paralelo, teniendo por tanto la necesidad de albergar una mayor cantidad de máquinas.

Cuadro 6

NECESIDADES MEDIAS DE AREA CUBIERTA

(En m²)

	a	b	c	2a, 3a	2b, 3b	2c, 3c	2A	2B	2C
Almacenamiento interno de bobinas	270	270	270	270	270	270	405	405	405
Decapado	261	261	261	261	261	261	261	261	261
Preparación del fleje	189	189	189	189	189	189	378	378	378
Soldadura de tubos	115	128	225	115	128	225	230	256	450
Almacenamiento intermedio de tubos	168	168	168	168	168	168	252	252	252
Horno de recocido	675	675	675	675	675	675	675	675	675
Acabado de tubos	511	511	511	511	511	511	511	511	511
Almacenamiento de tubos	1 900	2 011	2 100	1 900	2 011	2 100	2 380	2 510	2 630
Inspección y despacho	600	600	600	600	600	600	750	750	750
Planta de alta tensión	135	135	135	135	135	135	163	169	169
Taller de mantenimiento	780	780	780	780	780	780	780	780	780
Administración	672	672	672	672	672	672	672	672	672
Áreas libres para circulación	1 008	1 008	1 008	1 008	1 008	1 008	1 250	1 250	1 250
Total	7 284	7 408	7 594	7 284	7 408	7 594	8 713	8 869	9 183

/Cuadro 7

Cuadro 7

INVERSIONES EN MAQUINARIA Y EQUIPOS DIVERSOS

(En miles de dólares)

	a	b	c	2a, 3a	2b, 3b	2c, 3c	2A	2B	2C
Desescamado	32.5	32.5	32.5	32.5	32.5	32.5	32.5	32.5	32.5
Decapado	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0
Preparación del fleje	a/	a/	a/	a/	a/	a/	a/	a/	a/
Soldadura de tubos	226.4	473.4	599.4	226.4	473.4	599.4	452.8	946.8	1 198.8
Recocido	120.0	150.0	200.0	120.0	150.0	200.0	120.0	150.0	200.0
Enfriamiento	20.0	25.0	30.0	20.0	25.0	30.0	20.0	25.0	30.0
Enderizadoras	22.0	27.5	35.0	22.0	27.5	35.0	22.0	27.5	35.0
Acabado	180.0	211.0	280.0	180.0	211.0	280.0	180.0	211.0	280.0
Transportadores mecánicos	40.0	50.0	60.0	40.0	50.0	60.0	45.0	55.0	65.0
Puentes grúa	45.0	45.0	45.0	45.0	45.0	45.0	45.0	45.0	45.0
Subestación	22.0	30.0	45.0	22.0	30.0	45.0	33.5	45.5	68.5
Compresoras	2.0	3.0	4.5	2.0	3.0	4.5	30.0	40.0	50.0
Taller de herramientas	30.0	40.0	50.0	30.0	40.0	50.0			
Total	799.9	1 147.4	1 441.4	799.9	1 147.4	1 441.4	1 043.9	1 642.9	2 071.7
Total sin máquina de soldar	573.5	674.0	842.0	573.5	674.0	842.0	591.1	696.1	872.9

a/ Includido en el precio de la máquina de soldar.

/Se consideró

Se consideró que un precio medio de US\$ 35.00/m² es representativo de los actuales niveles de la construcción civil para los edificios industriales cuyas especificaciones estén de acuerdo con las exigencias básicas de las fábricas de tubos.

La determinación del monto de la inversión en máquinas y equipos para las plantas consideradas, se hizo integrando las cifras correspondientes al valor de las varias secciones como lo muestra el cuadro 7.

En las fábricas 2a, 2b, 2c, 3a, 3b, 3c dado que sólo aumenta el número de turnos las necesidades exigidas en la inversión son iguales a los de a, b y c.

Las empresas 2A, 2B y 2C tienen dos líneas de producción que trabajan en paralelo y las necesidades de maquinaria y por lo tanto de inversión son mayores.

Existe una serie de gastos iniciales en proyectos, montaje, capacitación del personal, set-up, etc. que hay que tener en cuenta en la inversión. Esas partidas se muestran en el cuadro 5 como gastos diversos.

Con el propósito de indicar la influencia del programa de fabricación en la inversión, se preparó el cuadro 8 que muestra los valores de inversión por tonelada de producción.

Cuadro 8

INVERSIONES UNITARIAS

(En US\$/ton)

	Programa I	Programa II	Programa III	Programa IV	Programa V
a	268.0	182.0	150.0	128.0	95.2
b	202.5	129.0	107.5	92.4	77.0
c	63.7	53.2	48.4	44.3	38.4
2a	134.5	91.0	75.4	64.0	47.5
2b	101.0	64.7	53.8	46.2	38.5
2c	31.9	26.6	24.2	22.1	19.2
3a	89.8	60.5	60.2	42.5	31.7
3b	67.5	43.0	35.9	30.7	25.7
3c	21.3	17.8	16.1	14.7	12.8
2A	171.0	116.0	96.0	81.5	60.5
2B	139.0	89.0	74.0	63.5	53.0
2C	44.1	36.7	33.4	30.6	26.6

IV. NECESIDADES DE CAPITAL

Agregando a las inversiones realizadas los intereses debidos al período de construcción, más las respectivas necesidades de capital de explotación podemos evaluar los requisitos mínimos de capital en cada uno de los casos.

NECESIDADES DE CAPITAL = INVERSIONES + INTERESES + CAPITAL DE EXPLOTACION

Las cifras correspondientes a las fábricas a, b, c, se muestran en el cuadro 8 indicándose a continuación la forma cómo se obtuvieron los valores. En los gráficos V, VI, VII, VIII y XIV se trazan las curvas correspondientes de las necesidades de capital en función de los diferentes volúmenes anuales de producción.

Cuadro 9

NECESIDADES DE CAPITAL

(En miles de dólares)

	Programa I	Programa II	Programa III	Programa IV	Programa V
a	1 605.5	1 660.6	1 697.6	1 734.6	1 817.6
b	2 101.5	2 214.5	2 275.0	2 338.0	2 925.5
c	3 061.3	3 212.8	3 305.3	3 398.8	3 561.8
2a	1 726.1	1 836.1	1 910.6	1 982.6	2 150.6
2b	2 305.5	2 529.0	2 654.0	2 779.5	2 952.0
2c	3 823.8	4 124.8	4 318.8	4 493.8	4 828.8
3a	1 846.6	2 013.6	2 122.1	2 232.6	2 481.6
3b	2 507.0	2 847.0	3 030.0	3 220.0	3 480.0
3c	4 608.8	5 043.8	5 313.8	5 598.8	6 078.8
2A	2 129.6	2 240.5	2 312.8	2 386.3	2 554.3
2B	3 023.9	3 249.4	3 372.4	3 498.4	3 670.4
2C	4 707.1	5 012.1	5 193.1	5 378.1	5 708.1

/Los intereses

Los intereses que se ocasionan durante el período de la construcción se considera que son del 12 por ciento al año sobre los desembolsos realizados.

En los esquemas adoptados se supone un desembolso inicial igual al 60 por ciento de las respectivas inversiones, al comenzar el período de la construcción y un 40 por ciento adicional después de pasado el primer año de obra. El período total de la construcción es igual a 24 meses, o sea:

$$\text{Intereses} = 0.60 \cdot \text{Inver.} \left[(1 + 0.12)^2 - 1 + 0.40 \right] \cdot \text{Inver.} \left[(1 + 0.12)^1 - 1 \right]$$

O simplemente:

$$\text{Interés} = 0.20 \cdot \text{inversión}$$

Al inicio de las operaciones de cualquier fábrica de tubos, se recomienda que el capital de explotación sea lo suficientemente amplio para garantizar un inventario mínimo de chapa de acero correspondiente por lo menos a las necesidades de un mes de producción normal. Complementariamente, y al igual que en cualquier otro campo de la actividad industrial, las reservas financieras en forma de capital de explotación deben estar suficientemente adecuadas para cubrir la totalidad de los gastos de operación de la empresa durante un mes de plena actividad. El cuadro 9 muestra las necesidades del capital de explotación para los casos considerados en sus cinco programas de producción.

Para calcular el valor de las existencias mensuales en inventario se consideran las siguientes cifras: US\$ 137.00/ton como valor suficientemente representativo del precio medio de la chapa de acero, y que un 5 por ciento del valor total de la producción se pierde como consecuencia de los desgastes en el proceso de materia prima.

A efectos del presente estudio, las necesidades nominales de capital de las diferentes empresas se definen como los valores mínimos requeridos para operar con un volumen de producción anual en torno a los respectivos niveles nominales.

Cuadro 10

NECESIDADES DE CAPITAL DE EXPLOTACION

Casos	Programa I	Programa II	Programa III	Programa IV	Programa V
a	133.9	189.0	226.0	263.0	346.0
2a	254.5	364.5	438.0	511.0	679.0
3a	375.0	542.0	650.5	761.0	1 010.0
2A	255.3	366.0	438.5	512.0	680.0
b	219.5	332.5	393.0	456.0	543.5
2b	423.5	647.0	772.0	897.5	1 070.0
3b	625.0	965.0	1 148.0	1 338.0	1 598.0
2B	425.5	651.0	774.0	900.0	1 072.0
c	782.5	934.0	1 026.5	1 120.0	1 238.0
2c	1 545.0	1 846.0	2 010.0	2 220.0	2 550.0
3c	2 330.0	2 765.0	3 035.0	3 320.0	3 800.0
2C	1 549.0	1 854.0	2 035.0	2 220.0	2 550.0

/V. GASTOS

V. GASTOS ANUALES MEDIOS

Los gastos anuales medios de las fábricas a, b, c, etc. se dividieron en dos grupos principales:

- a) Gastos directos
- b) Gastos indirectos

Entre los primeros, los más significativos son los gastos de materia prima (chapa de acero), mano de obra directa, energía eléctrica, agua, combustibles y lubricantes.

Los gastos indirectos de mayor importancia son: la mano de obra indirecta, mantenimiento, depreciación, seguros, administración e intereses.

Para el cálculo de los gastos directos, se consideró que los siguientes insumos físicos son representativos de las necesidades medias para fabricar una tonelada de tubos, independientemente de los diámetros nominales y de los volúmenes de producción:

1. Chapa de acero	1.05 ton.chapa/ton. tubo
2. Energía eléctrica	130 a 150 kWh/ton. tubo
3. Agua	900 a 1 200 galones/ton.tubo
4. Combustibles	1.5 a 2.0 galones/ton.tubo
5. Lubrificantes	0.22 a 0.26 galones/ton.tubo

En cuanto a los precios unitarios, los siguientes valores se consideran, en una primera aproximación, como representativos de los promedios vigentes dentro de la industria:

1. Chapa de acero	US\$ 137.00 /ton.chapa
2. Energía eléctrica	US\$ 0.020 /kWh
3. Agua	US\$ 0.0003 /galón
4. Combustibles	US\$ 0.17 /galón
5. Lubrificantes	US\$ 0.80 /galón

Los totales anuales medios de los respectivos gastos directos de las fábricas a, b, c, etc. fueron obtenidos multiplicando los insumos físicos por los correspondientes precios unitarios y después por los diversos volúmenes de producción anual.

1. Mano de obra directa e indirecta

Los gastos anuales en mano de obra directa fueron estimados con base en las necesidades mínimas de hombres/hora para mantener en pleno funcionamiento las líneas de producción de los diversos casos examinados.

Los valores considerados como representativos de las necesidades medias tanto como los precios unitarios se indican en el cuadro 10.

En los casos 2a, 2b, 2c, 3a, 3b y 3c, las necesidades medias de mano de obra se admiten que son dos y tres veces mayores que en a, b, y c. Por otro lado en los casos A, B y C, el arreglo de las respectivas instalaciones permite anticipar las necesidades mínimas.

Los costos unitarios de la mano de obra directa empleada durante los turnos diurnos se indican en el cuadro tanto como en los turnos de la noche que son aumentados un 45 por ciento sobre los correspondientes valores de base del trabajo diurno. Estos aumentos tienen en consideración las disposiciones legales que reglamentan, frecuentemente la remuneración del trabajo nocturno y simultáneamente se ajustan a la política de incentivos observada dentro de la industria para estimular la producción durante los turnos de la noche.

Las diferencias de un 30 por ciento en los salarios de los capataces para los casos 2A, 2B y 2C, (en comparación con los niveles y salarios pagados en a, b, y c), concuerda con la tendencia generalmente adoptada de aumentar la remuneración del trabajo en donde el volumen de servicios y las responsabilidades asumidas son proporcionalmente mayores.

Las cifras incluyen no solamente el pago de salarios sino también las cargas sociales dadas por los empleadores que oscilan entre el 40 y el 60 por ciento de las de las respectivas remuneraciones. En el caso de los capataces, los valores también incluyen una pequeña gratificación anual.

Los gastos de la mano de obra indirecta también están calculados basándose en las necesidades mínimas de hombre/hora para mantener en pleno funcionamiento cualquiera de los casos examinados en este estudio.

Cuadro 11

MANO DE OBRA DIRECTA, TOTAL HOMERES/HORA POR AÑO Y JORNAL POR HORA DE TRABAJO

Casos	Capataces			Operarios			Obreros no calificados		
	Hombres/ hora por año	Turno diurno US\$/hora	Turno nocturno US\$/hora	Hombres/ hora por año	Turno diurno US\$/hora	Turno nocturno US\$/hora	Hombres/ hora por año	Turno diurno US\$/hora	Turno nocturno US\$/hora
a, b, c	2 400	1.66		24 000	0.83		7 200	0.50	
2a, 2b, 2c	4 800	1.66	2.40	48 000	0.83	1.20	14 400	0.50	0.73
3a, 3b, 3c	7 200	1.66	2.40	72 000	0.83	1.20	21 600	0.50	0.73
2A, 2B, 2C	2 400	2.16		36 000	0.83		9 600	0.50	

Cuadro 12

MANO DE OBRA INDIRECTA, TOTAL DE HOMERES/HORA POR AÑO Y VALOR DE LA HORA DE TRABAJO

Casos	Ingenieros		Funcionarios graduados		Funcionarios subalternos y ayudantes	
	Hombres/hora por año	Salario en US\$/hora	Hombres/hora por año	Salario en US\$/hora	Hombres/hora por año	Salario en US\$/hora
a, b, c	2 400	4.00	4 800	3.50	12 000	0.80
2a, 2b, 2c	2 400	5.20	4 800	4.55	15 000	0.80
3a, 3b, 3c	2 400	6.40	4 800	5.60	15 000	0.80
2A, 2B, 2C	2 400	5.20	4 800	4.55	15 000	0.80

/El cuadro

El cuadro 11 muestra las cifras de hombres-hora/año y los salarios unitarios correspondientes. Estos valores incluyen los salarios pagados, las cargas sociales dadas por los empleadores (evaluadas entre un 40 y 60 por ciento de las correspondientes remuneraciones), y en los casos de los ingenieros y funcionarios graduados, las correspondientes gratificaciones anuales.

Las necesidades de ingenieros y funcionarios graduados en las empresas 2a, 2b, 2c, 3a, 3b, y 3c, son aproximadamente las mismas de a, b y c. Pero, ante el mayor tamaño de las primeras firmas mencionadas es de esperar que las exigencias administrativas ocasionen un número de funcionarios subalternos más elevado. El costo de la mano de obra es también mayor obedeciendo a la tendencia, ya citada, de aumentar la remuneración del trabajo cuando el volumen de servicio y las responsabilidades son proporcionalmente mayores.

El nivel de US\$ 0,80 hombre/hora estipulado para funcionarios subalternos y ayudantes corresponde a una media ponderada en que los primeros entran con un 60 por ciento y los obreros con un 40 por ciento de las necesidades totales de hombres/hora.

Nótese que las remuneraciones de los funcionarios subalternos y ayudantes no tienen variación (el motivo es que los aumentos en el número del personal empleado, teniendo una disponibilidad de fuerza de trabajo que pasa de 12 000 a 15 000 hombre-hora/año).

Los totales anuales de los gastos medios en mano de obra indirecta, se calcularon análogamente multiplicando los insumos físicos (necesidades mínimas de hombres/hora), por sus respectivos precios unitarios.

Los gastos indirectos de mantenimiento de depreciación de equipo, seguros de las instalaciones, administración e intereses están calculados con base en los insumos físicos y con el criterio de cálculo, considerado representativo de las condiciones medias de la industria, según sigue:

2. Mantenimiento y reposición

Los gastos de mantenimiento y reposición inciden sobre los costos totales de producción con un valor medio prácticamente constante, próximo a US\$ 12,00/ton.tubo. Los gastos anuales de las fábricas a, b, c, etc. resultan por lo tanto iguales a la multiplicación de la cifra anterior por los diversos volúmenes de producción obtenidos.

/3. Depreciación

3. Depreciación del equipo

El patrimonio a depreciar se considera igual a la totalidad de las inversiones realizadas, o sea a la suma de los inmuebles, máquinas, equipos y diversos.

A efectos de cálculo es admisible considerar la vida útil de los bienes patrimoniales en torno a diez años y un valor residual al final de ese período igual a cero (esta hipótesis es bastante conservadora ya que en la realidad los terrenos y los edificios acostumbran a tener un valor residual distintos de cero). Las reservas anuales para formar el fondo de depreciación, calculadas linealmente, son, en estas circunstancias, el 10 por ciento sobre el total de las inversiones realizadas.

4. Seguro de las instalaciones

Los seguros colectivos de vida y de accidentes de trabajo van normalmente incorporados en los gastos de la mano de obra, directa e indirecta bajo la forma de cargas sociales. Por lo tanto los únicos gastos que se consideran en este apartado son los que corresponden a los seguros contra incendio.

La prima anual pagada a las compañías aseguradoras alcanza en promedio el 5/1 000 del valor patrimonial asegurado, que puede considerarse como la diferencia entre el valor total de las inversiones menos el valor del terreno.

5. Administración

Es difícil prever con exactitud los gastos anuales debidos a la administración. Es posible estimar con carácter aproximado, el monto de estos gastos de las empresas de pequeño tamaño tales como las a, b, y c entre US\$ 12 000 y US\$ 20 000 anuales, o sea, un valor medio igual a US\$ 16 000.

En el caso de las fábricas 2a, 2b, 2c, 3a, 3b, y 3c dada la complejidad de trabajar 1 y 2 turnos durante la noche estos gastos se elevan hasta US\$ 20 000 y US\$ 24 000 respectivamente.

Análogamente ocurrirá con las empresas 2A, 2B y 2C.

/6. Intereses.

6. Intereses

Las industrias relativamente pequeñas (a, b y c) no acostumbran hacer reservas en el capital de explotación, para financiar las ventas a plazos.

En general, las fábricas de tubos de acero, recurren a los descuentos bancarios para financiar, por lo menos, un 50 por ciento de las ventas anuales. Los plazos y las tasas medias de los intereses que suelen estipularse en este tipo de operaciones son de 60 días y del 1 por ciento mensual, respectivamente.

Considerando que el precio medio de venta de los tubos de acero al carbono con costura oscila en torno de US\$ 235.00/ton, (variando principalmente de acuerdo con el diámetro nominal, el espesor de las paredes y las cantidades mínimas pedidas), el total de los facturamientos anuales de las empresas a, b y c, etc. puede ser estimado. Con base en ese valor, se calcula el 10 por ciento como el total de los gastos de los intereses bancarios.

7. Diversos

Análogamente a los gastos administrativos, la estimación de los gastos diversos (representaciones, abogados, indemnizaciones, impuestos, etc.) también resulta dificultosa.

En una primera aproximación es razonable considerar estos gastos diversos para las empresas tipo a, b, c, entre US\$ 4 000 y US\$ 8 000 anuales o sea una media de US\$ 6 000.

Las empresas 2a, 2b, 2c, 3a, 3b, 3c dado que tienen una mayor complejidad en su organización suponen unos gastos anuales más elevados estimados en US\$ 10 000 y US\$ 14 000, respectivamente.

Los gastos de las empresas 2A, 2B y 2C se estiman entre US\$ 10 000 y US\$ 14 000.

Los cuadros números I-V (en el apéndice), muestran en detalle la forma cómo se reparten estos gastos anuales de las empresas a, b, c, etc. para los diferentes volúmenes de producción anual y sus correspondientes programas de producción.

En los gráficos 9, 10, 11, 12 y 15 se muestran las curvas que expresan la variación de estos gastos anuales en función de los respectivos volúmenes de producción anual.

VI. CONSIDERACIONES FINALES

1. Sinopsis técnica

En el esquema 1 que se adjunta se presentan en forma general las variaciones dimensionales sobre la que se ha hecho el presente estudio. El objeto del esquema es el de poder ayudar a una visión de conjunto necesaria a la hora de intentar unas conclusiones.

Por otro lado conviene recordar también la información dada al comienzo del estudio de que la producción de tubos de acero que se ha venido estudiando está en función de 4 variables que son:

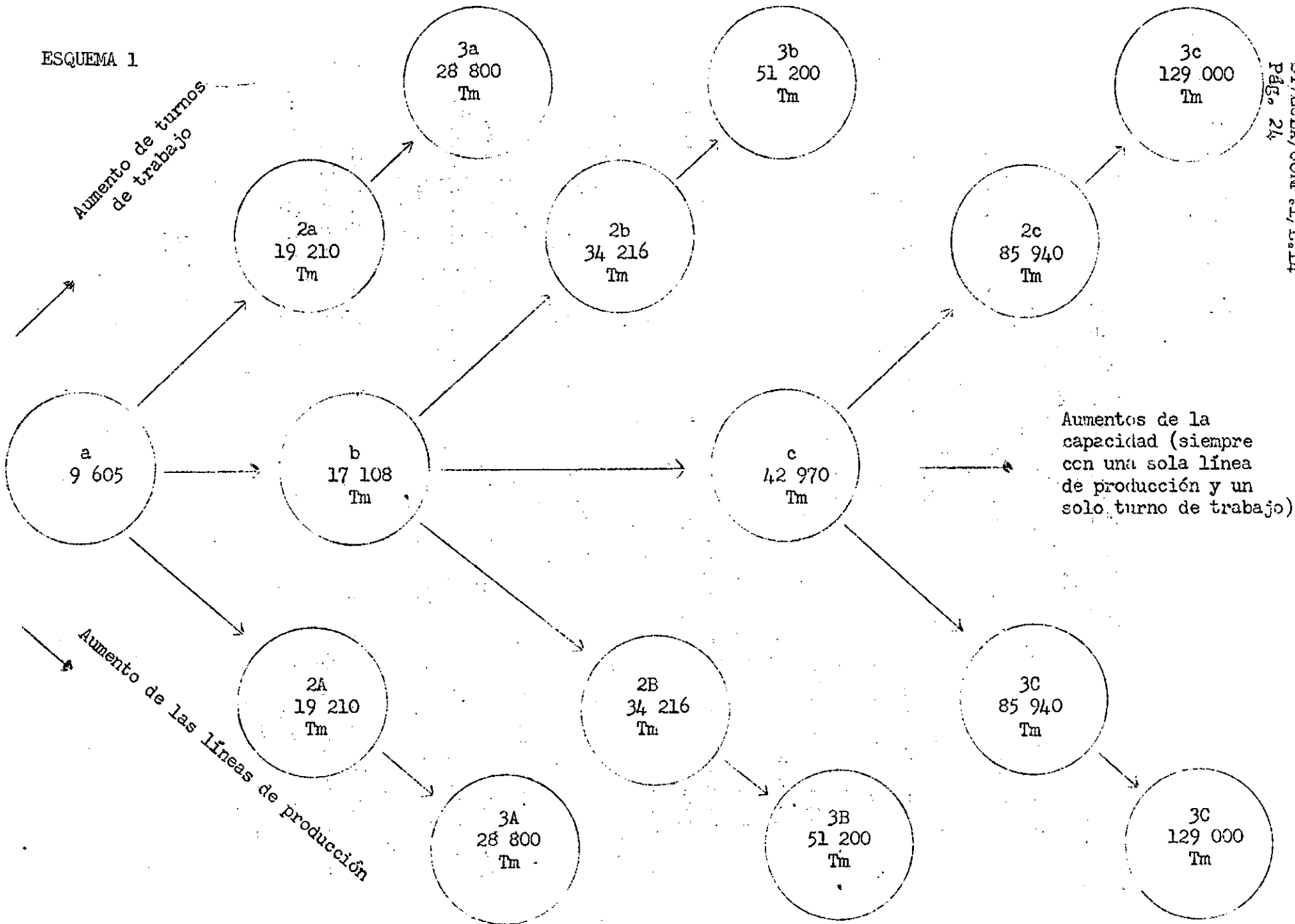
- a) número de líneas de fabricación
- b) velocidades de soldadura
- c) programas de fabricación
- d) jornadas de trabajo anual

En el esquema adjunto se presentan los pasos dimensionales empleados con las variables de producción, se pasa de una planta de 9 605 Tm anuales a otra de 17 108 Tm anuales y a una tercera de 42 970. Las diferencias entre ellas consiste en la mayor capacidad que presentan en su equipo básico de soldar. Todas ellas trabajando con una sola línea de fabricación y un sólo turno de trabajo. Luego se pasa a los casos que resultan de incrementar en dos y tres turnos cada una de las tres plantas antes mencionadas, y por último se estudian los casos de duplicación y triplificación de las líneas de producción, manteniendo un solo turno de trabajo.

Además de lo expresado hay variaciones que obedecen a los 5 diferentes programas de producción que pueden realizarse teniendo en cuenta las velocidades de soldadura según los equipos empleados y los diámetros nominales a operar.

/ESQUEMA 1

ESQUEMA 1



2. Comportamiento general de las familias de curvas

En el apartado anterior se presentaron las cifras de expansión de la producción y las referencias a las variables técnicas. Estas variables condicionan los procesos, o en otras palabras que existen relaciones de marcado determinismo técnico, tal como las velocidades de soldadura que vienen a ser las actividades claves de toda la producción ya que toda variación de la producción depende rígidamente del equipo de soldadura.

Ahora se pasa a ver cómo ese determinismo técnico puede dar lugar a un indeterminismo económico en cuanto hay variaciones en los programas a producir y en cuanto que las variaciones de la producción pueden conseguirse con alternativas de mayores insumos de trabajo o de capital, o sea que se presentan problemas de elecciones y por lo tanto es preciso establecer criterios de decisión para hacer valoraciones económicas de los procesos productivos estudiados.

Lo primero que se necesita para hacer juicios de valor es recurrir a medidas uniformes para poder comparar. Si tomamos los valores monetarios de las siguientes partidas: Necesidades de capital/ T_m , Inversión/ T_m y costo de fabricación por tonelada, es decir los valores medios o unitarios, y para ayudar al análisis nos servimos de las representaciones gráficas y observamos lo siguiente:

a) En los casos de uso intensivo del trabajo.

En los procesos en que sin variar las líneas de producción incrementamos las jornadas de los turnos de trabajo, las curvas correspondientes (necesidades de capital por tonelada, inversiones por tonelada), disminuyen como decrecimiento de la rama de la hipérbola que se acerca o tiende hacia el eje de abscisa.

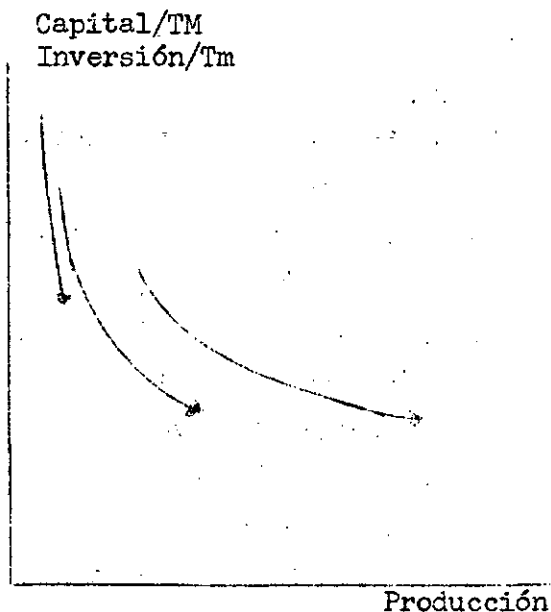
b) En los casos de uso intensivo de capital.

Cuando manteniendo un solo turno de trabajo aumentamos las líneas de producción en paralelo hasta formar tres de ellas, se forman unas familias (para las curvas de necesidades mínimas de capital por tonelada y de inversiones por tonelada), que aunque decrecen se desplazan en la dirección de alejarse del eje de coordenadas.

Las situaciones anteriores pueden resumirse en los gráficos 1 y 2.

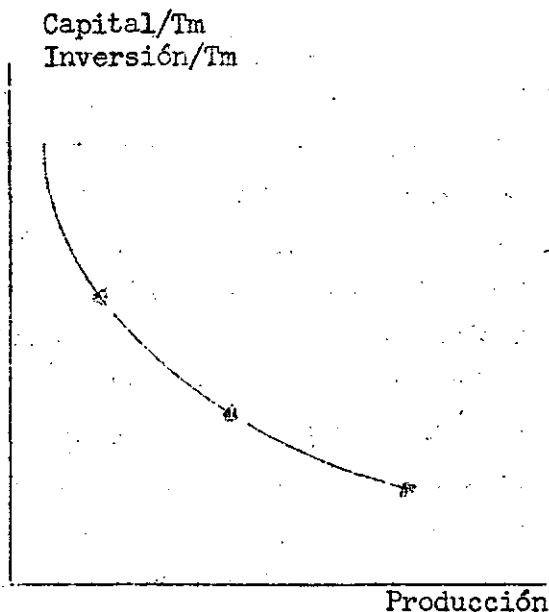
/Fig. 1a

Fig. 1a



Casos que se caracterizan por aumento del factor capital

Fig. 2a



Casos que se caracterizan por aumento del factor trabajo

Si analizamos las familias de curvas de "costos medios" notamos un comportamiento similar al de la Figura 1a. tanto para los procesos de uso intensivo del capital como del trabajo, con la distinción de que en estos últimos las familias tienen el haz más compacto y se aproximan más al eje de abscisas.

Los casos de uso intensivo de trabajo son los que en términos generales tienen un menor índice de costo medio. El descenso del costo medio también se acusa si se aplican variaciones a los programas. Los menores valores registrados a este efecto fueron:

Cuadro 1
 INDICES DEL COSTO MEDIO

Programas Casos	I	II	III	IV	V
3a	100	95.6	95.1	94	91.3
3b	95.6	92.9	91.3	91.3	90.8
3c	89.7	89.4	89.1	88.9	88.9

/Para esos

Para esos mismos procesos los valores de las inversiones medias se comportan con marcada analogía:

Cuadro 2

INDICES DE LAS INVERSIONES MEDIAS

Casos \ Programas	Programas				
	I	II	III	IV	V
3a	100	67.3	55.9	47.3	35.3
3b	75.1	47.8	39.9	34.1	28.6
3c	23.7	19.8	17.9	16.3	14.2

Esto hace pensar en que tanto los conceptos de costos como de inversión están sirviendo de indicadores de las alternativas de los casos y de los programas. Si tomamos otra alternativa diferente tal como la representada por el caso de expansión, en que se pasa de aumento de capacidad, obtenemos unos resultados muy similares en términos generales tal como se presentan en el cuadro siguiente, al encontrarnos ante familias de curvas que en diversas alternativas presentan formas muy similares de comportamiento se hace notar que la tecnología resulta como una de las determinantes de las estructuras de costos y de inversiones.

Cuadro 3

INDICES DEL COSTO MEDIO

Casos \ Programas	Programas				
	I	II	III	IV	V
a	100	92.5	90.6	88.6	85.7
b	93.0	88.1	85.7	84.8	83.8
c	82.8	81.9	81.4	80.9	80.4

3. Los coeficientes de elasticidad y las tecnologías alternativas
 Los pares de datos producción-costos medio, permiten el cálculo de los "coeficientes de elasticidad" del costo medio.^{1/}

^{1/} Dada la discontinuidad de los procesos no podemos usar los conceptos de elasticidad punto o derivada elástica. Como "coeficientes de elasticidad" se expresarán los valores de las elasticidades de arco.

/Los coeficientes

Los coeficientes de elasticidad van a suministrar información sobre dos puntos:

- a) intensidad del decrecimiento de los costos según las diferentes alternativas;
- b) medida indirecta del grado de armonía (combinaciones técnicamente óptimas o subóptimas) de los procesos.

Pasos de los casos	Tipo	Valores del coeficiente de elasticidad
a-2a	Uso intensivo de trabajo	11
2a-3a	" " " "	33.3
b-2b	" " " "	16.6
2b-3b	" " " "	33.3
c-2c	" " " "	33.3
2c-3c	" " " "	33.3
a-2A	Uso intensivo del capital	12.2
2A-3A	" " " "	33.3
b-2B	" " " "	20
2B-3B	" " " "	66
c-2C	" " " "	50
2C-3C	" " " "	66

A medida que aumenta el coeficiente se refleja una mayor elasticidad de las curvas del costo medio. En general presentan una mayor elasticidad los costos de los procesos más capitalizados.

Esto se aprecia mejor si de las cifras anteriores separamos grupos por tipos y hacemos comparaciones de pares de valores. Así si llamamos "a-trabajo", a los pasos en los que se duplica y triplica el número de turnos y "a-capital" a los pasos en los que se duplica y triplica el número de líneas de producción, y así sucesivamente para las demás plantas con /sus duplicaciones

sus duplicaciones y triplicaciones respectivas obtenemos:

"Procesos - tipos":	"a - trabajo" - a-capital
"coeficientes de elasticidad":	11-33.3 -- 12-33.3
"Procesos - tipos":	"b - trabajo" - b - capital
"coeficientes de elasticidad":	16-33.3 - 20-66
"Procesos - tipos":	"c - trabajo" - c - capital
"coeficientes de elasticidad":	33.3-33.3 - 50-66

Ahora, además de notar el decrecimiento de las curvas de costos también se puede analizar cuál es el grado de complementación entre el factor trabajo y el factor capital, así en el paso de los procesos "a-trabajo" y el paso "a-capital", las diferencias entre los coeficientes son muy pequeñas debido a que estamos a un nivel bajo de capitalización, pero a medida que se aumenta la capitalización crecen estas diferencias, o sea que los procesos más capitalizados inciden en los costos a través de una mayor producción.

Indirectamente también se obtiene información en cuanto a los procesos técnicos y su armonía o sea aquellas mejores combinaciones de factores; para esto se consideró, que con carácter aproximado, los valores recíprocos de los coeficientes de elasticidad muestran el comportamiento de la elasticidad del rendimiento técnico de la combinación, puesto que a medida que el costo de un proceso disminuye, es señal de que tal proceso es más armónico.

Los valores recíprocos, que aproximadamente tomamos como indicadores de la elasticidad del rendimiento, serían para los casos:

Procesos-tipos y valores aproximados de las elasticidades del rendimiento:

a - trabajo	a - capital
0.091 - 0.030	0.082-0.030
b - trabajo	b - capital
0.060-0.030	0.050-0.015
c - trabajo	c - capital
0.030-0.030	0.020-0.015

/La gama

La gama de los valores está comprendida entre 0.091 y 0.015. Valores de las elasticidades del rendimiento, iguales a la unidad mostrarían el llamado óptimo técnico y valores iguales a cero, el máximo técnico. La tendencia general mostrada en el cuadro anterior es de ir hacia posiciones de máximo aprovechamiento técnico.

En los casos de mayores volúmenes de producción: bien aumentando el trabajo, o aumentando el número de líneas de fabricación, sucede que para el primer caso, hay un valor estacionario de la elasticidad en tanto que en el último caso, aunque pequeña, hay una tendencia a disminuir el valor. Estos valores y sus comportamientos también están indicando unos valores límites en cuanto a su sustitución.

4. La relación tamaño - Inversión y sus variaciones.

Para profundizar el análisis se pasa a estudiar el comportamiento de las diferentes inversiones al aumentar los índices de producción.

Comparando las cifras de producción y los números índices de las inversiones (para el programa IV) se pueden estimar los valores exponenciales en la fórmula:

$$\frac{K_1}{K_2} = \left(\frac{x_1}{x_2} \right)^\alpha$$

donde las x representan los índices de producción, las k los índices de inversión y los subíndices se refieren a pares de valores x-k.

La fórmula fue aplicada en métodos intensivos de trabajo, de capital y en el caso de las fábricas básicas (a-b-c).

En los procesos:

$$a - 2a - 3a$$

$$b - 2b - 3b$$

$$c - 2c - 3c$$

caracterizados por el uso intensivo del trabajo, los valores de α son los más bajos, (su valor es cero), lo cual además de probar que se está en el origen del triángulo de las economías de escala (véase gráfico XVI en el apéndice) muestra la sustitución de factores o sea el uso intensivo de trabajo, en este caso.

/En el

En el uso intensivo del factor capital, los valores de α son:

Pasos de los casos	Valores de α
a - 2A	0.29
2A - 3A	0.75
b - 2B	0.45
2B - 3B	0.82
c - 2C	0.46
2C - 3C	0.86

Cifras que expresan que, aunque al pasar del caso en que se duplican y triplican las líneas de producción (siempre a un solo turno de trabajo), de la fábrica de menor capacidad y análogamente con las demás series siempre se está dentro del triángulo de las economías de escala aunque los valores aumenten.

Es de interés el resultado obtenido para los valores de alfa al pasar al caso de las plantas que trabajando un solo turno y con una sola línea de fabricación, aumentan su producción, debido a la mayor capacidad de su equipo de soldar:

<u>Pasos de los procesos</u>	<u>Valores de α</u>
a - b	0.44
b - c	0.19

El primer paso da un valor de alfa muy cercano al de los pasos en la que se duplican y triplican las líneas de fabricación y por lo tanto dentro del triángulo de las economías de escala. Pero el segundo paso es el único caso en que disminuye el valor de alfa al aumentar el índice de producción. Esto indica que es la dimensión más favorable de todos los casos desde el punto de vista de la inversión.

5. Conclusiones

En el apartado 1. Sinopsis técnica se mostró que la producción de tubos de acero con costura estaba en función de cuatro variables las cuales daban cierta determinación al sistema productivo. Sin embargo más tarde se expusieron alternativas en las que se veía que la determinación

/técnica no

técnica no era tan rígida como parecía y que además de las distintas combinaciones de las variables surgía un indeterminismo económico que daba lugar a elecciones de alternativas.

No se va a dar ahora detalle de la operación aislada de estas citadas variables puesto que son características técnicas aex-ante y no verdaderas conclusiones. Pero sí de las variaciones y combinaciones conjuntas de tales variables. De todo lo anterior analizado, se concluye que:

1. El paso de la dimensión de la fábrica de menor capacidad trabajando con una sola línea de fabricación, a volúmenes en los que el aumento de producción se debe a la mayor capacidad del equipo de soldar (siempre con una sola línea de fabricación y un solo turno), es la más económica pues da un exponente en la relación tamaño-inversión que de 0.44 desciende a 0.19. Lo cual indica que es un "diseño óptimo" y más concretamente que al aumentar la capacidad de producción se mejora el diseño.
2. Si en cada una de las tres plantas, citadas en las que el aumento de producción se debe sólo a la mayor capacidad del equipo de soldar, aumentamos a dos y tres el número de turnos de trabajo los resultados para cada dimensión son los más económicos en cuanto al criterio de costo de operación (al no variar las inversiones el valor del exponente alfa sería cero, o que queda fuera del planteamiento escalar). Esto indica que la sustitución de los insumos de capital por insumos de trabajo es ventajosa, para las condiciones del estudio que reflejan las características de la América Latina, y aún más que se deben de usar los insumos de trabajo al máximo que permita el equipo (dado que los costos medios y las inversiones medias descienden).
3. Los aumentos de los coeficientes de elasticidad del costo, confirman la conclusión 1, a la vez que muestran con su crecimiento lo que pudiera llamarse la tendencia hacia el mejor diseño.

ANEXO

Cuadro A

DETERMINACION DE LOS GASTOS ANUALES DIRECTOS E INDIRECTOS EN LOS CASOS a, b, y c

(Miles de dólares)

	Programa Caso a					Programa Caso b					Programa Caso c				
	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V
Gastos directos															
Materia prima	652.0	965.0	1 175.0	1 380.0	1 845.0	1 120.0	1 760.0	2 100.0	2 460.0	2 950.0	4 280.0	5 140.0	5 660.0	6 190.0	7 100.0
Mano de obra directa	27.5	27.5	27.5	27.5	27.5	27.5	27.5	27.5	27.5	27.5	27.5	27.5	27.5	27.5	27.5
Energía eléctrica	12.8	18.9	22.8	27.0	36.2	21.8	34.2	41.0	47.9	57.3	83.5	100.0	110.0	120.0	138.5
Agua	1.4	2.1	2.6	3.0	4.1	2.5	3.9	4.6	5.4	6.5	9.4	11.2	12.4	13.6	15.6
Combustibles	1.4	2.0	2.4	2.9	3.9	2.3	3.6	4.4	5.1	6.1	8.9	10.6	11.7	12.8	14.7
Lubricantes	.9	1.3	1.6	1.8	2.5	1.5	2.4	2.8	3.3	4.0	5.7	6.9	7.6	8.3	9.5
Gastos indirectos															
Mano de obra indirecta	36.0	36.0	36.0	36.0	36.0	36.0	36.0	36.0	36.0	36.0	36.0	36.0	36.0	36.0	36.0
Mantenimiento y reposición	54.8	81.0	97.8	115.0	154.5	93.5	146.0	176.0	205.0	245.0	358.0	429.0	472.0	516.0	595.0
Depreciación	122.6	122.6	122.6	122.6	122.6	157.8	157.8	157.8	157.8	157.8	189.9	189.9	189.9	189.9	189.9
Seguros	6.1	6.1	6.1	6.1	6.1	7.9	7.9	7.9	7.9	7.9	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5
Administración	16.0	16.0	16.0	16.0	16.0	16.0	16.0	16.0	16.0	16.0	16.0	16.0	16.0	16.0	16.0
Intereses	10.7	15.8	19.2	22.6	30.4	18.3	28.6	34.4	40.1	48.1	70.0	84.0	92.5	101.0	116.0
Diversos	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0
Total gastos anuales	948.2	1 300.3	1 535.6	1 766.5	2 290.8	1 511.1	2 229.9	2 614.4	3 018.0	3 568.2	5 100.4	6 066.6	6 651.1	7 246.6	8 274.2
Volumen anual de producción (ton/año)	4 560	6 750	8 162	9 605	12 900	7 800	12 210	14 650	17 108	20 500	29 800	35 720	39 350	42 970	49 500
Gastos medios de producción (dólares/ton)	207.5	192.0	188.0	184.0	178.0	193.0	183.0	178.0	176.0	174.0	172.0	170.0	169.0	168.5	167.0

Cuadro B

DETERMINACION DE LOS GASTOS ANUALES DIRECTOS E INDIRECTOS EN LOS CASOS 2-a Y 3-a

(Miles de dólares)

	Programa Caso 2-a					Programa Caso 3-a				
	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V
Gastos directos										
Materia prima	1 304.0	1 930.0	2 350.0	2 760.0	3 690.0	1 960.0	2 900.0	3 525.0	4 140.0	5 520.0
Mano de obra directa	67.3	67.3	67.3	67.3	67.3	107.2	107.2	107.2	107.2	107.2
Energía eléctrica	25.6	37.8	45.6	54.0	72.4	38.4	56.6	68.4	81.0	108.5
Agua	2.8	4.2	5.2	6.0	8.1	4.2	6.3	7.8	9.0	12.3
Combustibles	2.8	4.0	4.8	5.8	7.8	4.2	6.0	7.2	8.7	11.7
Lubricantes	1.8	2.6	3.2	3.6	5.0	2.7	3.9	4.8	5.4	7.5
Gastos indirectos										
Mano de obra indirecta	46.3	46.3	46.3	46.3	46.3	54.3	54.3	54.3	54.3	54.3
Mantenimiento y reposición	109.6	162.0	195.6	230.0	309.0	164.0	243.0	299.0	345.0	465.0
Depreciación	122.6	122.6	122.6	122.6	122.6	122.6	122.6	122.6	122.6	122.6
Seguros	6.1	6.1	6.1	6.1	6.1	6.1	6.1	6.1	6.1	6.1
Administración	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0
Intereses	21.4	31.6	38.4	45.2	60.8	32.2	47.5	57.2	68.0	91.0
Diversos	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0
Total gastos anuales	1 740.3	2 444.5	2 915.1	3 376.9	4 425.4	2 533.9	3 591.5	4 291.6	4 985.3	6 544.2
Volumen de producción anual (ton/año)	9 120	13 500	16 324	19 210	25 800	13 700	20 250	24 400	28 800	38 750
Gastos medios de producción (dólares/ton)	190.2	181.0	179.0	176.0	172.0	185.0	177.0	176.0	174.0	169.0

/Cuadro C

Cuadro C

DETERMINACION DE LOS GASTOS ANUALES, DIRECTOS E INDIRECTOS, EN LOS CASOS 2-b Y 3-b

(Miles de dólares)

	Programa Caso 2-b					Programa Caso 3-b				
	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V
Gastos directos										
Materia prima	2 240.0	3 525.0	4 200.0	4 925.0	5 900.0	3 360.0	5 280.0	6 300.0	7 400.0	8 850.0
Mano de obra directa	67.3	67.3	67.3	67.3	67.3	107.2	107.2	107.2	107.2	107.2
Energía eléctrica	43.6	68.4	62.0	95.8	114.6	65.4	102.5	123.0	144.0	172.0
Agua	5.0	7.8	9.2	10.8	13.0	7.5	11.7	13.8	16.2	19.5
Combustibles	4.6	7.2	8.8	10.2	12.2	6.9	10.8	13.2	15.3	18.3
Lubricantes	3.0	4.8	5.6	6.6	8.0	4.5	7.2	8.4	9.9	12.0
Gastos indirectos										
Mano de obra indirecta	46.3	46.3	46.3	46.3	46.3	54.3	54.3	54.3	54.3	54.3
Mantenimiento y reposición	187.0	292.0	352.0	410.0	490.0	280.0	437.5	528.0	615.0	735.0
Depreciación	157.8	157.8	157.8	157.8	157.8	157.8	157.8	157.8	157.8	157.8
Seguros	7.9	7.9	7.9	7.9	7.9	7.9	7.9	7.9	7.9	7.9
Administración	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0
Intereses	36.6	57.2	68.8	80.2	96.2	54.9	86.0	103.0	120.0	144.0
Diversos	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0
Total gastos anuales	2 829.1	4 271.7	5 035.7	5 847.9	6 919.3	4 144.4	6 300.9	7 454.6	8 685.6	10 316.0
Volumen de producción anual (ton/año)	15 600	24 420	29 300	34 216	41 000	23 400	36 600	44 000	51 200	61 500
Gastos medios de producción (dólares/ton)	182.0	176.0	172.0	171.0	170.0	177.0	172.0	169.0	169.0	168.0

Quadro D

DETERMINACION DE LOS GASTOS ANUALES, DIRECTOS E INDIRECTOS EN LOS CASOS 2-o Y 3-o

(Miles de dólares)

	Programa Caso 2-o					Programa Caso 3-o				
	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V
Gastos directos										
Materia prima	8 560.0	10 280.0	11 320.0	12 380.0	14 200.0	12 850.0	15 400.0	17 000.0	18 500.0	21 250.0
Mano de obra directa	67.3	67.3	67.3	67.3	67.3	107.2	107.2	107.2	107.2	107.2
Energía eléctrica	167.0	200.0	220.0	240.0	277.0	250.0	300.0	330.0	360.0	415.0
Agua	18.8	22.4	24.8	27.2	31.2	28.2	33.6	37.2	40.8	46.8
Combustibles	17.8	21.2	23.4	25.6	29.4	26.7	31.8	35.1	38.4	44.1
Lubricantes	11.4	13.8	15.2	16.5	19.0	17.1	20.7	22.8	24.9	28.5
Gastos indirectos										
Mano de obra indirecta	46.3	46.3	46.3	46.3	46.3	54.3	54.3	54.3	54.3	54.3
Mantenimiento y reposición	716.0	858.0	944.0	1 032.0	1 190.0	1 070.0	1 285.0	1 415.0	1 545.0	1 780.0
Depreciación	189.9	189.9	189.9	189.9	189.9	189.9	189.9	189.9	189.9	189.9
Seguros	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5
Administración	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0
Intereses	140.0	168.0	185.0	202.0	232.0	210.0	252.0	277.5	303.0	348.0
Diversos	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0
Total gastos anuales	9 974.0	11 906.4	13 075.4	14 266.4	16 321.6	14 850.9	17 722.0	19 516.5	21 211.0	24 311.3
Volumen anual de producción (ton/año)	59 600	71 440	78 700	85 940	99 000	89 200	107 000	118 000		148 000
Gastos medios de producción (dólares/ton)	167.5	166.5	166.0	166.0	165.0	166.0	165.5	165.0	164.5	164.5

Cuadro E

DETERMINACION DE LOS GASTOS ANUALES DIRECTOS E INDIRECTOS EN LOS CASOS 2-A, 2-B Y 2-C

(Miles de dólares)

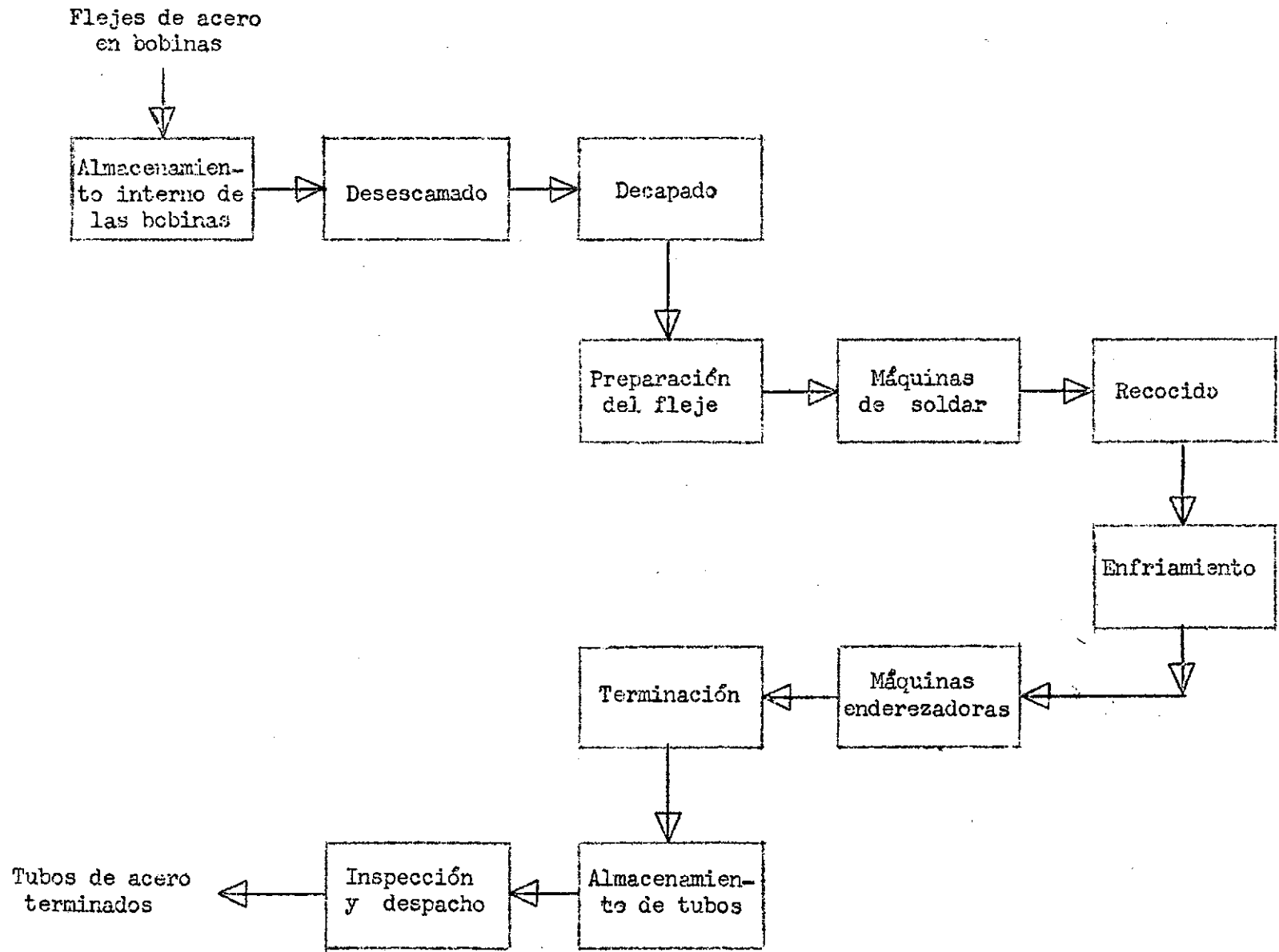
	Programa Caso 2-A					Programa Caso 2-B					Programa Caso 2-C				
	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V
Gastos directos															
Materia prima	1 304.0	1 930.0	2 350.0	2 760.0	3 690.0	2 240.0	3 525.0	4 200.0	4 925.0	5 900.0	8 560.0	10 280.0	11 320.0	12 380.0	14 200.0
Mano de obra directa	39.8	39.8	39.8	39.8	39.8	39.8	39.8	39.8	39.8	39.8	39.8	39.8	39.8	39.8	39.8
Energía eléctrica	25.6	37.8	45.6	54.0	72.4	43.6	68.4	82.0	95.8	114.6	167.0	200.0	220.0	240.0	277.0
Agua	2.8	4.2	5.2	6.0	8.1	5.0	7.8	9.2	10.8	13.0	18.8	22.4	24.8	27.2	31.2
Combustibles	2.8	4.0	4.8	5.8	7.8	4.6	7.2	8.8	10.2	12.2	17.8	21.2	23.4	25.6	29.4
Lubricantes	1.8	2.6	3.2	3.6	5.0	3.0	4.8	5.6	6.6	8.0	11.4	13.8	15.2	16.6	19.0
Gastos indirectos															
Mano de obra indirecta	46.3	46.3	46.3	46.3	46.3	46.3	46.3	46.3	46.3	46.3	46.3	46.3	46.3	46.3	46.3
Mantenimiento y reposición	109.6	162.0	195.6	230.0	309.0	187.0	292.0	352.0	410.0	490.0	716.0	858.0	944.0	1 032.0	1 190.0
Depreciación	156.2	156.2	156.2	156.2	156.2	216.6	216.6	216.6	216.6	216.6	263.2	263.2	263.2	263.2	263.2
Seguros	7.7	7.7	7.7	7.7	7.7	10.8	10.8	10.8	10.8	10.8	13.1	13.1	13.1	13.1	13.1
Administración	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
Intereses	21.4	31.6	38.4	45.2	60.8	36.6	57.2	68.8	80.2	96.2	140.0	168.0	185.0	202.0	232.0
Diversos	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
Total gastos anuales	1 748.0	2 452.2	2 922.8	3 384.6	4 433.1	2 863.3	4 305.9	5 069.9	5 882.1	6 977.5	10 023.4	11 955.8	13 124.8	14 315.8	16 371.0
Volumen anual de producción (ton/año)	9 120	13 500	16 324	19 210	25 800	15 600	24 420	29 300	34 216	41 000	59 600	71 440	78 700	85 940	99 000
Gastos medios de producción (dólares/ton)	192.0	182.0	179.5	176.5	171.5	183.0	176.5	173.0	172.0	170.0	168.0	168.0	167.0	166.5	165.0

STATE OF NEW YORK

1900

NAME	RESIDENCE	EDUCATION	RELIGION	PARTY	INDUSTRY	PROPERTY	INCOME	DEBTS	ASSETS	NET WORTH	REMARKS
John Doe	New York	High School	Methodist	Dem	Teacher	\$10,000	\$5,000	\$15,000	\$10,000		
Jane Smith	New York	College	Catholic	Rep	Homemaker	\$20,000	\$10,000	\$30,000	\$20,000		
Robert Brown	New York	University	Protestant	Dem	Engineer	\$30,000	\$15,000	\$45,000	\$30,000		
Mary White	New York	High School	Baptist	Rep	Shopkeeper	\$15,000	\$8,000	\$23,000	\$15,000		
William Black	New York	College	Methodist	Dem	Lawyer	\$50,000	\$25,000	\$75,000	\$50,000		
Elizabeth Green	New York	High School	Catholic	Rep	Teacher	\$12,000	\$6,000	\$18,000	\$12,000		
Thomas Grey	New York	University	Protestant	Dem	Physician	\$40,000	\$20,000	\$60,000	\$40,000		
Anna Hall	New York	High School	Baptist	Rep	Homemaker	\$18,000	\$9,000	\$27,000	\$18,000		
Charles King	New York	College	Methodist	Dem	Businessman	\$60,000	\$30,000	\$90,000	\$60,000		
Frances Lee	New York	High School	Catholic	Rep	Shopkeeper	\$14,000	\$7,000	\$21,000	\$14,000		
George Miller	New York	University	Protestant	Dem	Engineer	\$35,000	\$17,500	\$52,500	\$35,000		
Isabel Nelson	New York	High School	Baptist	Rep	Homemaker	\$16,000	\$8,000	\$24,000	\$16,000		
Frank Parker	New York	College	Methodist	Dem	Lawyer	\$45,000	\$22,500	\$67,500	\$45,000		
Emily Quinn	New York	High School	Catholic	Rep	Teacher	\$11,000	\$5,500	\$16,500	\$11,000		
Harold Reed	New York	University	Protestant	Dem	Physician	\$38,000	\$19,000	\$57,000	\$38,000		
Lucy Scott	New York	High School	Baptist	Rep	Shopkeeper	\$13,000	\$6,500	\$19,500	\$13,000		
Albert Taylor	New York	College	Methodist	Dem	Businessman	\$55,000	\$27,500	\$82,500	\$55,000		
Beatrice Vance	New York	High School	Catholic	Rep	Homemaker	\$17,000	\$8,500	\$25,500	\$17,000		
Edward Walker	New York	University	Protestant	Dem	Engineer	\$32,000	\$16,000	\$48,000	\$32,000		
Joseph Young	New York	High School	Baptist	Rep	Shopkeeper	\$14,000	\$7,000	\$21,000	\$14,000		

ESQUEMA DE LAS FABRICAS a, b Y c

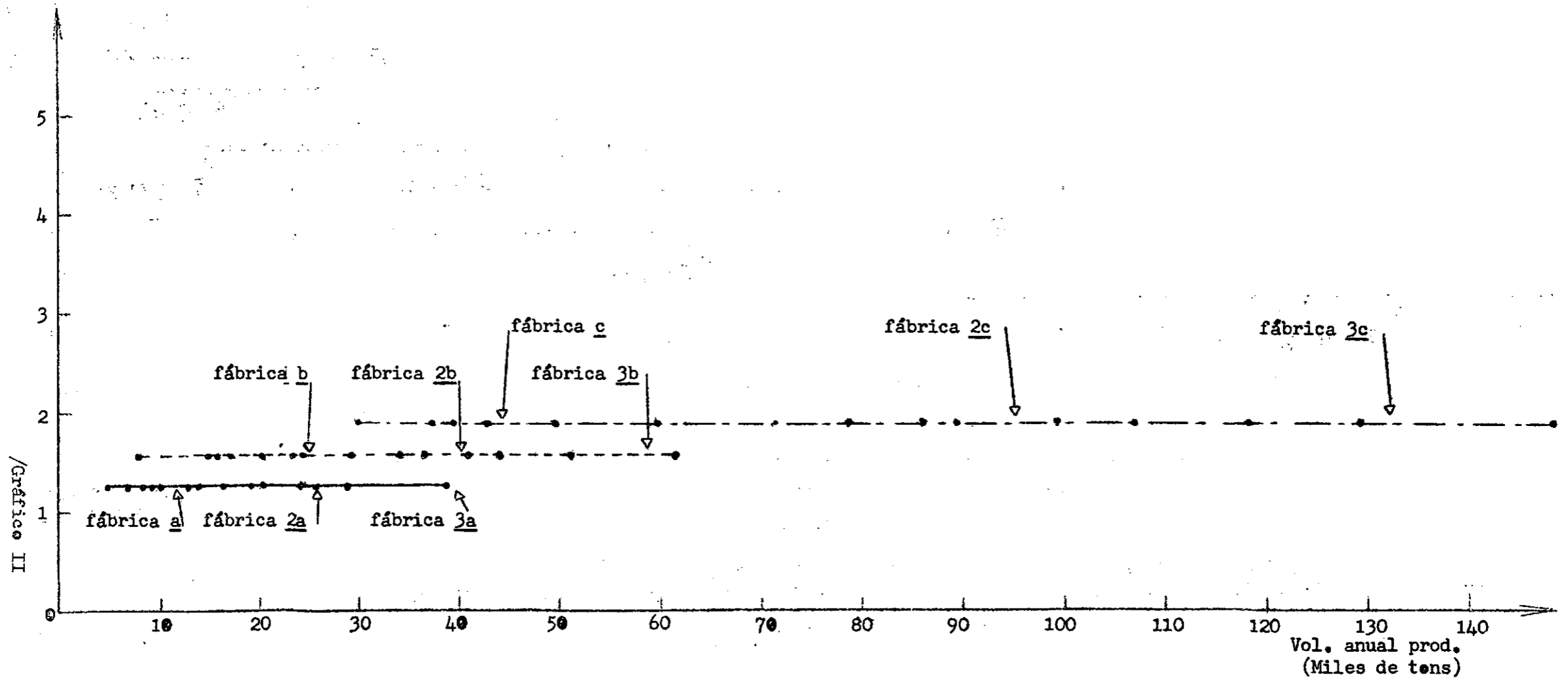


/Gráfico I

Gráfico I

VARIACION DE LAS INVERSIONES EN FUNCION DE LOS VOLUMENES DE PRODUCCION
CORRESPONDIENTES A DIFERENTES PROGRAMAS DE FABRICACION Y A DIFERENTES
TURNOS DE TRABAJO

Inversiones
(en miles de US\$)



/Gráfico II

SI/ECLA/CONF. 11/L. 14

Gráfico II

VARIACION DE LAS INVERSIONES EN FUNCION DE LOS VOLUMENES DE PRODUCCION CORRESPONDIENTES
A DIFERENTES PROGRAMAS DE PRODUCCION Y A DIFERENTE NUMERO DE LINEAS DE PRODUCCION

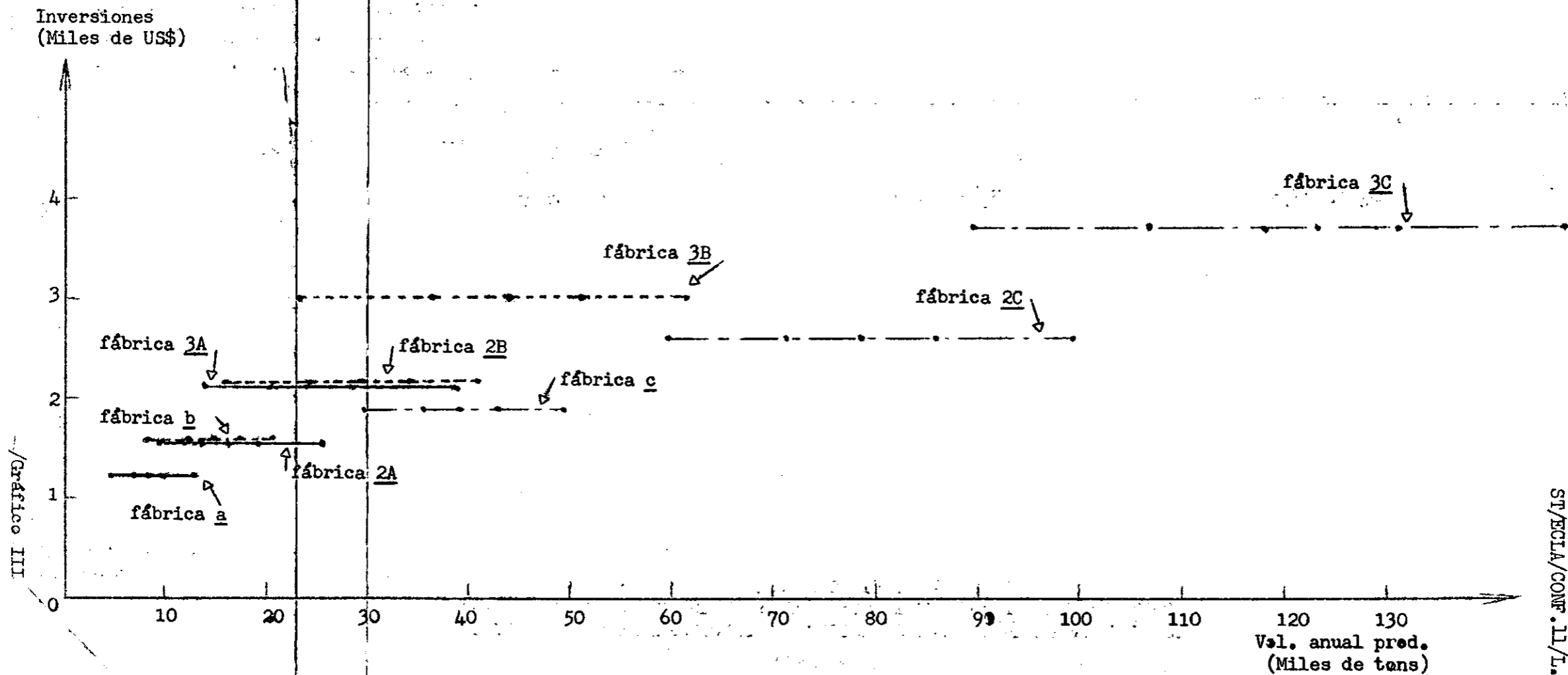


Gráfico III

ST/ECLA/CONF. 11/L.14

Gráfico III

VARIACION DE LAS INVERSIONES EN FUNCION DE LOS VOLUMENES DE PRODUCCION ANUAL
CORRESPONDIENTES A DIFERENTES PROGRAMAS DE FABRICACION Y A DIFERENTES TURNOS DE TRABAJO

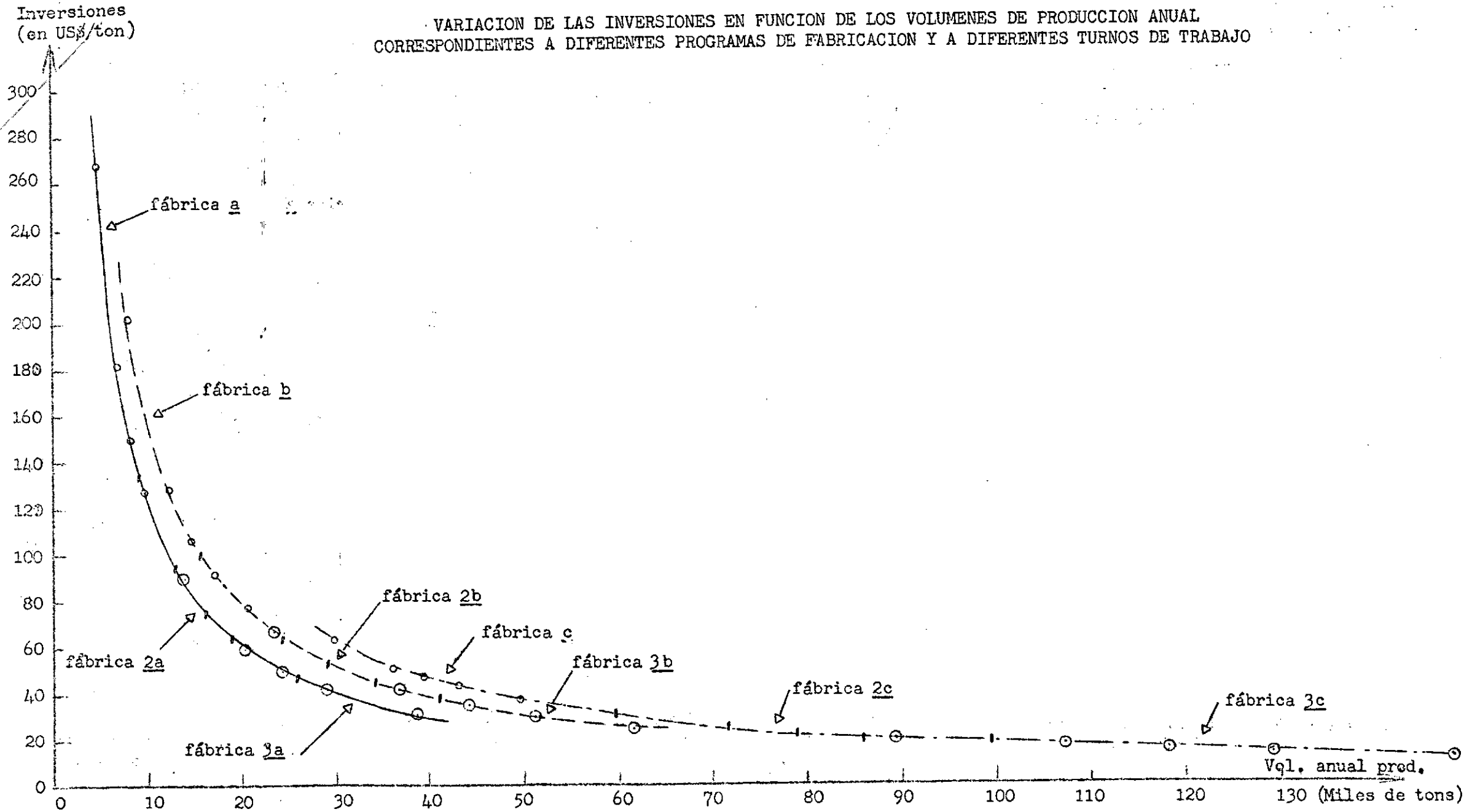


Gráfico IV

VARIACION DE LAS INVERSIONES EN FUNCION DE LOS VOLUMENES DE PRODUCCION ANUAL
CORRESPONDIENTES A DIFERENTES PROGRAMAS DE FABRICACION Y A DIFERENTE NUMERO DE LINEAS DE PRODUCCION

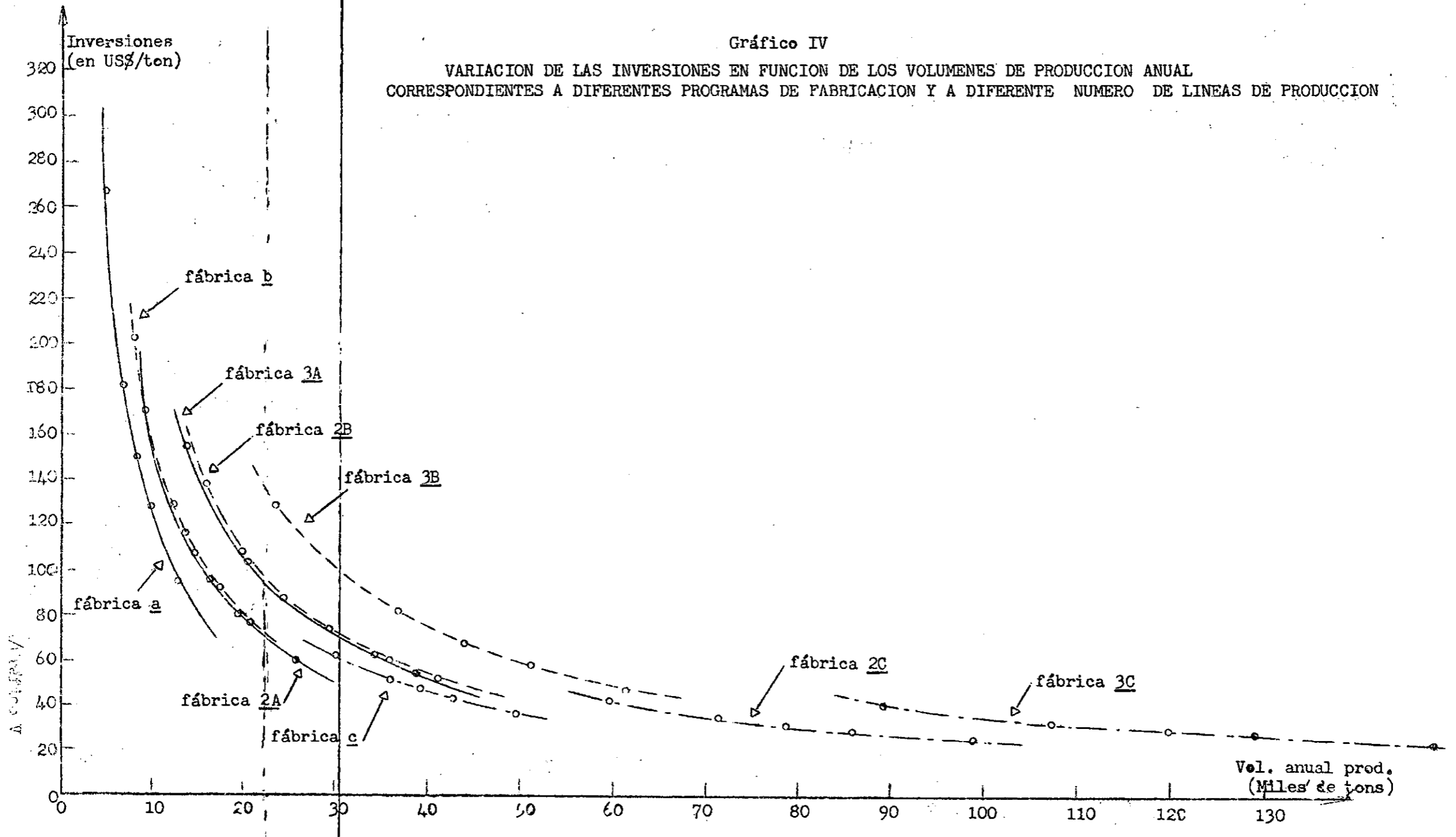
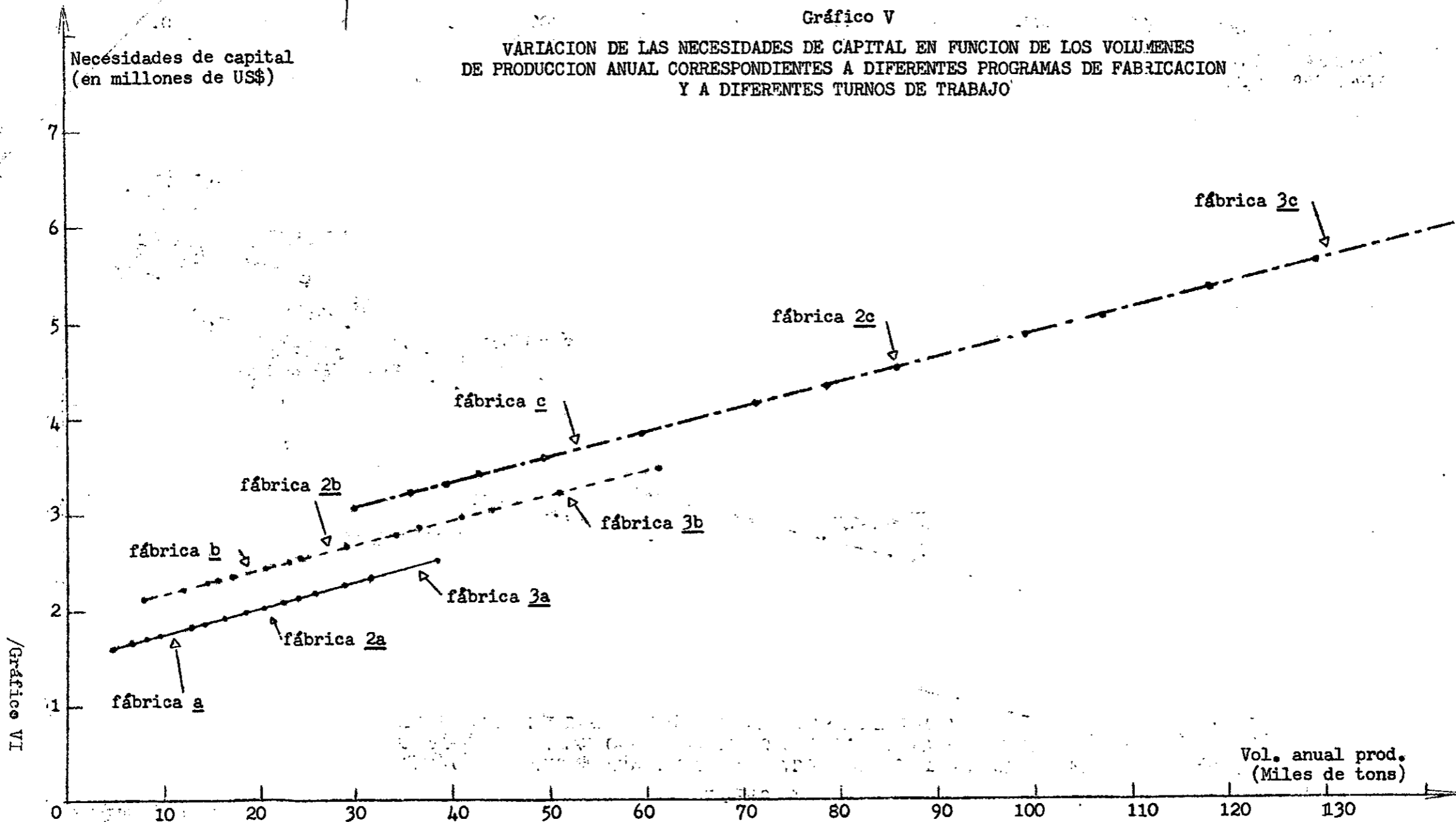


Gráfico V

VARIACION DE LAS NECESIDADES DE CAPITAL EN FUNCION DE LOS VOLUMENES DE PRODUCCION ANUAL CORRESPONDIENTES A DIFERENTES PROGRAMAS DE FABRICACION Y A DIFERENTES TURNOS DE TRABAJO



/Gráfico VI

ST/ECIA/CONF.11/L.14

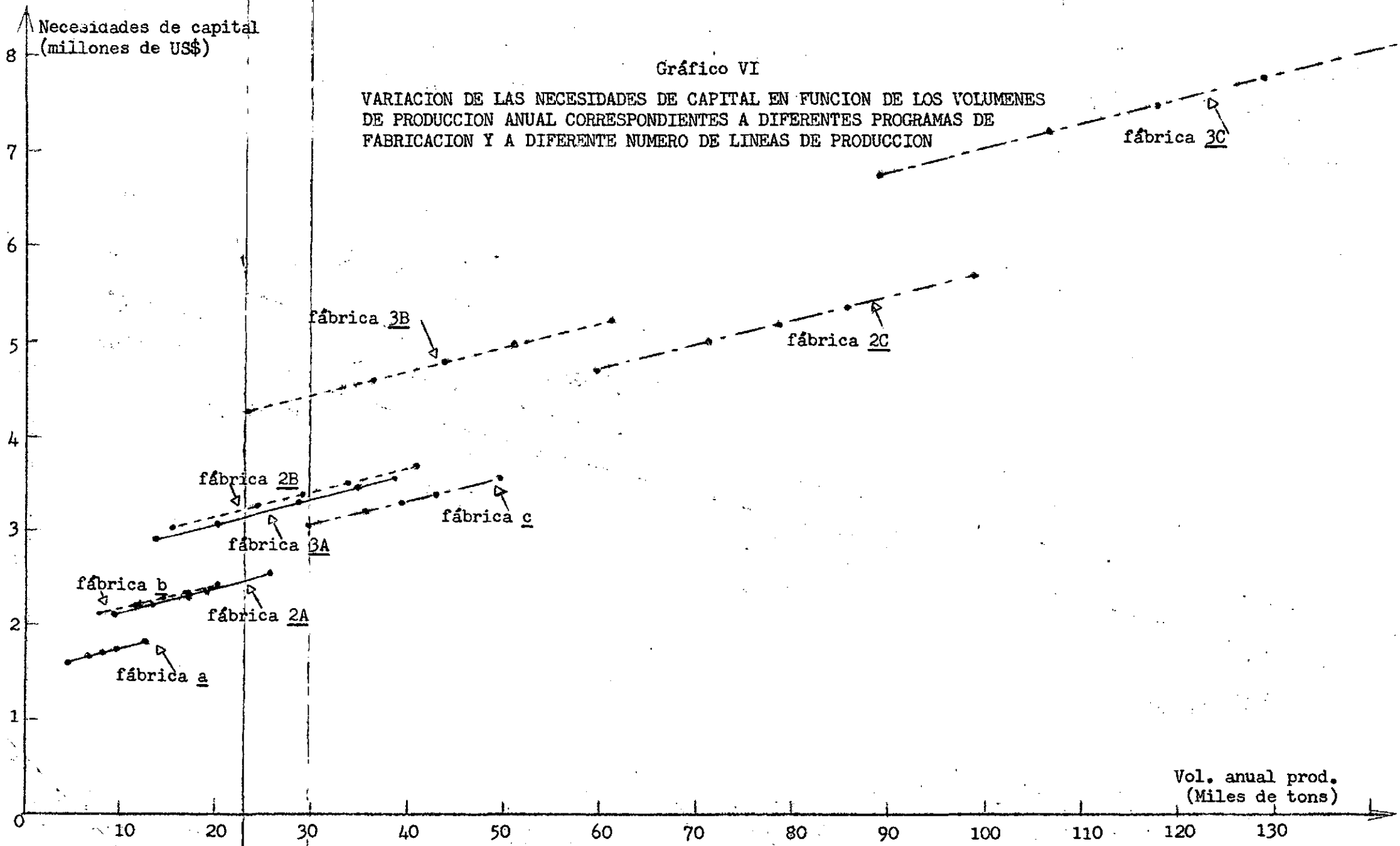
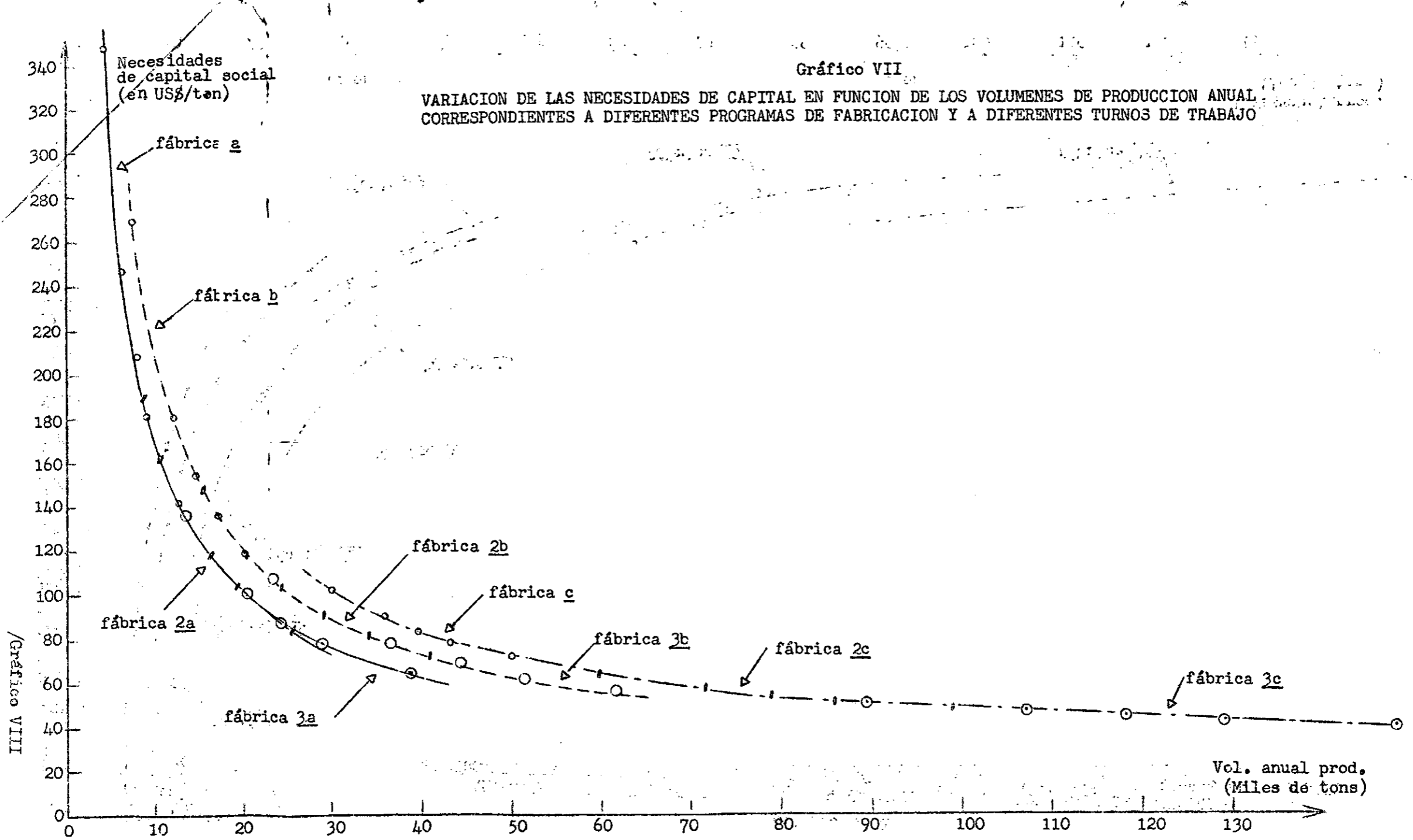
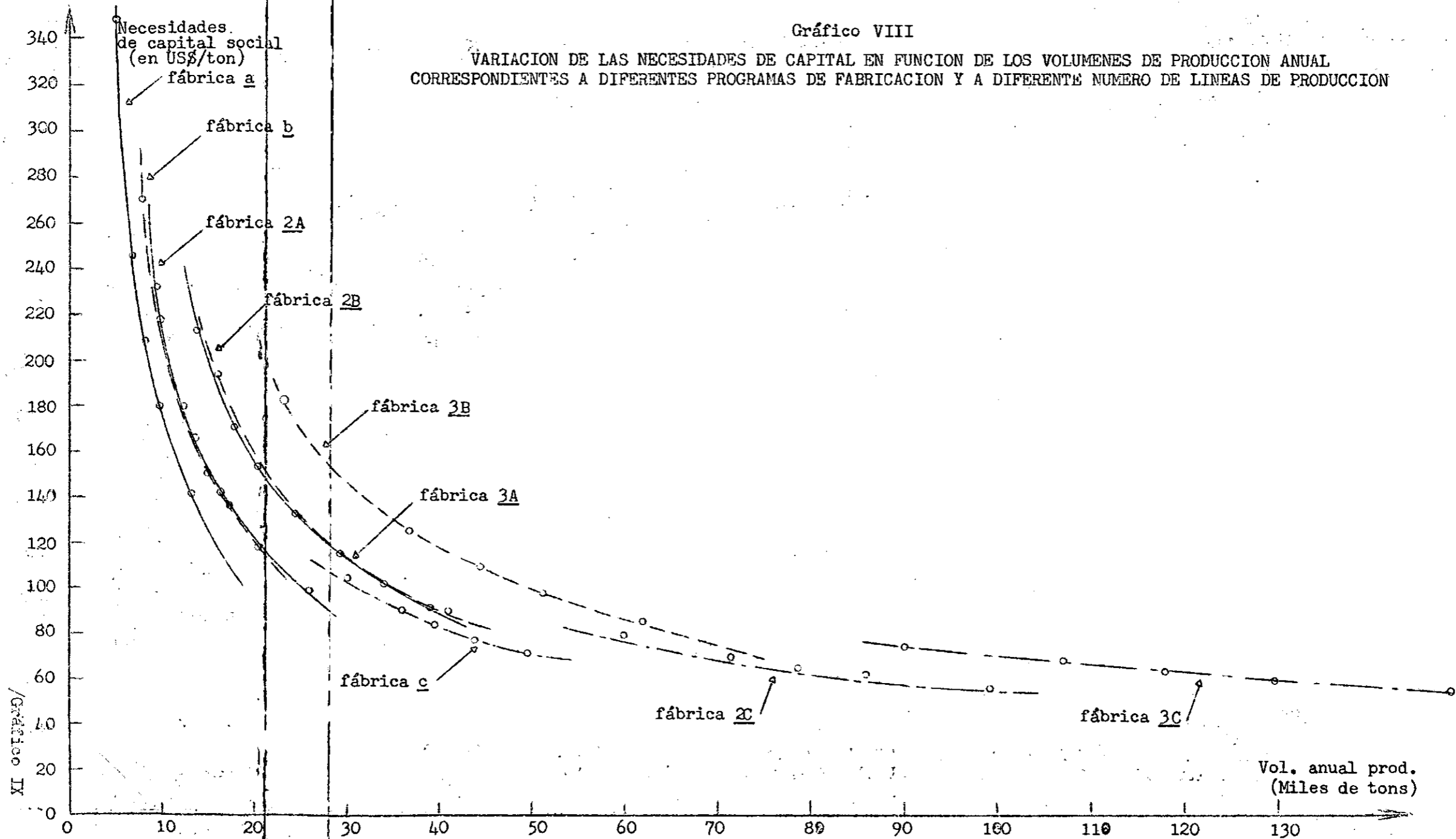


Gráfico VII

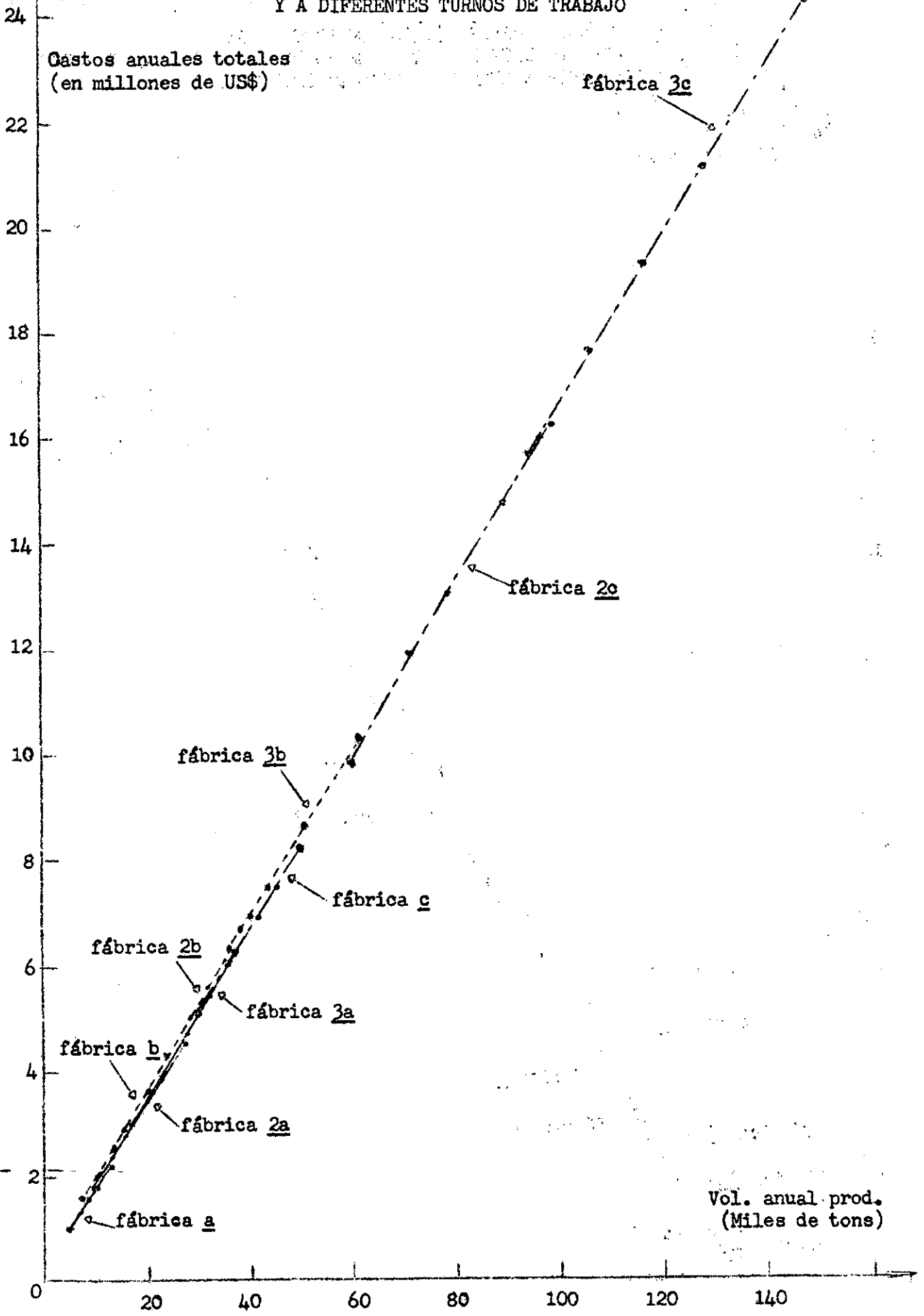
VARIACION DE LAS NECESIDADES DE CAPITAL EN FUNCION DE LOS VOLUMENES DE PRODUCCION ANUAL CORRESPONDIENTES A DIFERENTES PROGRAMAS DE FABRICACION Y A DIFERENTES TURNOS DE TRABAJO



/Gráfico VIII

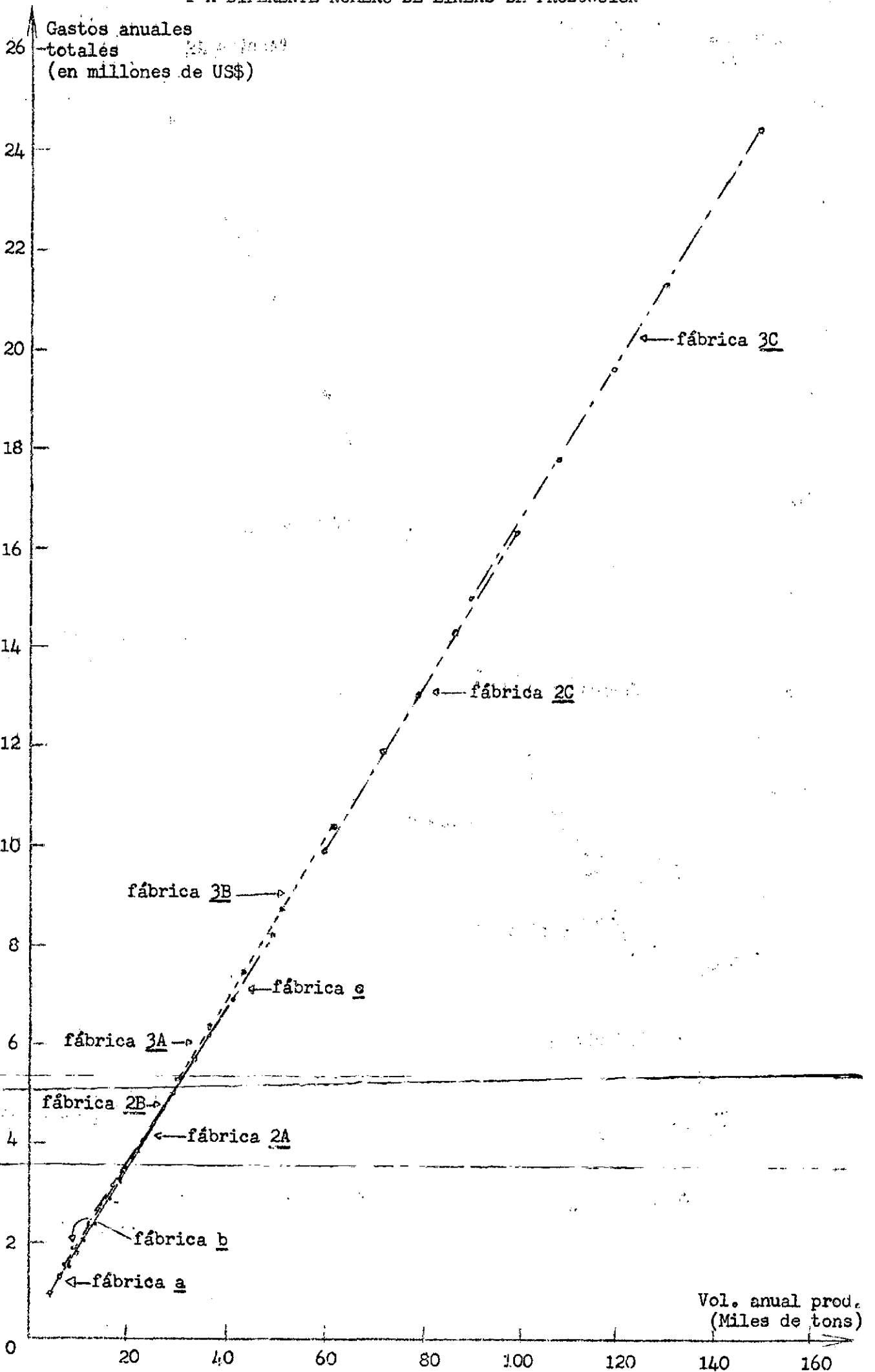


VARIACION DE LOS GASTOS ANUALES EN FUNCION DE LOS VOLUMENES DE PRODUCCION ANUAL CORRESPONDIENTES A DIFERENTES PROGRAMAS DE FABRICACION Y A DIFERENTES TURNOS DE TRABAJO



/Gráfico X

VARIACION DE LOS GASTOS ANUALES TOTALES EN FUNCION DE LOS VOLUMENES DE PRODUCCION ANUAL CORRESPONDIENTES A DIFERENTES PROGRAMAS DE FABRICACION Y A DIFERENTE NUMERO DE LINEAS DE PRODUCCION



/Gráfico XI

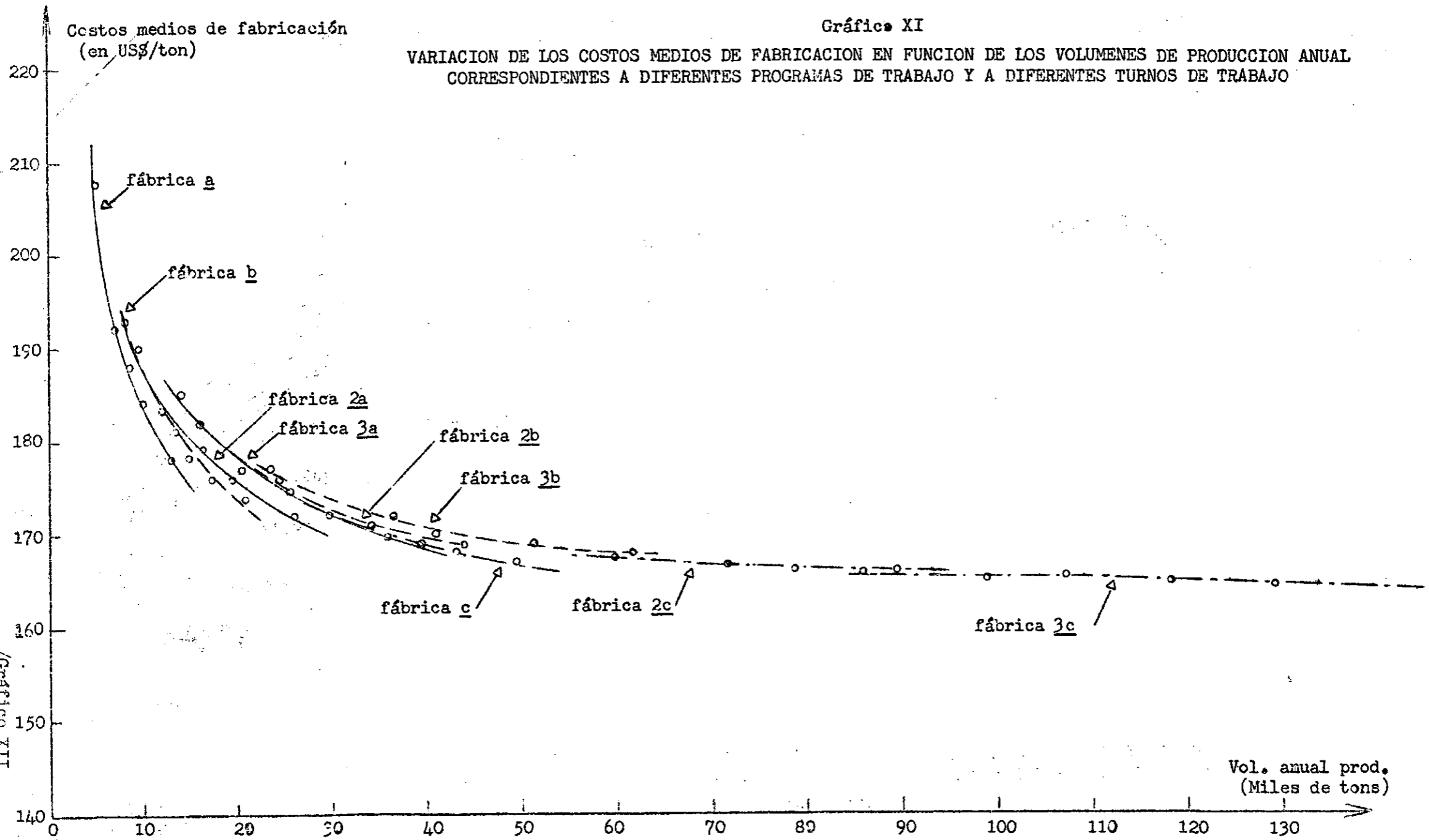


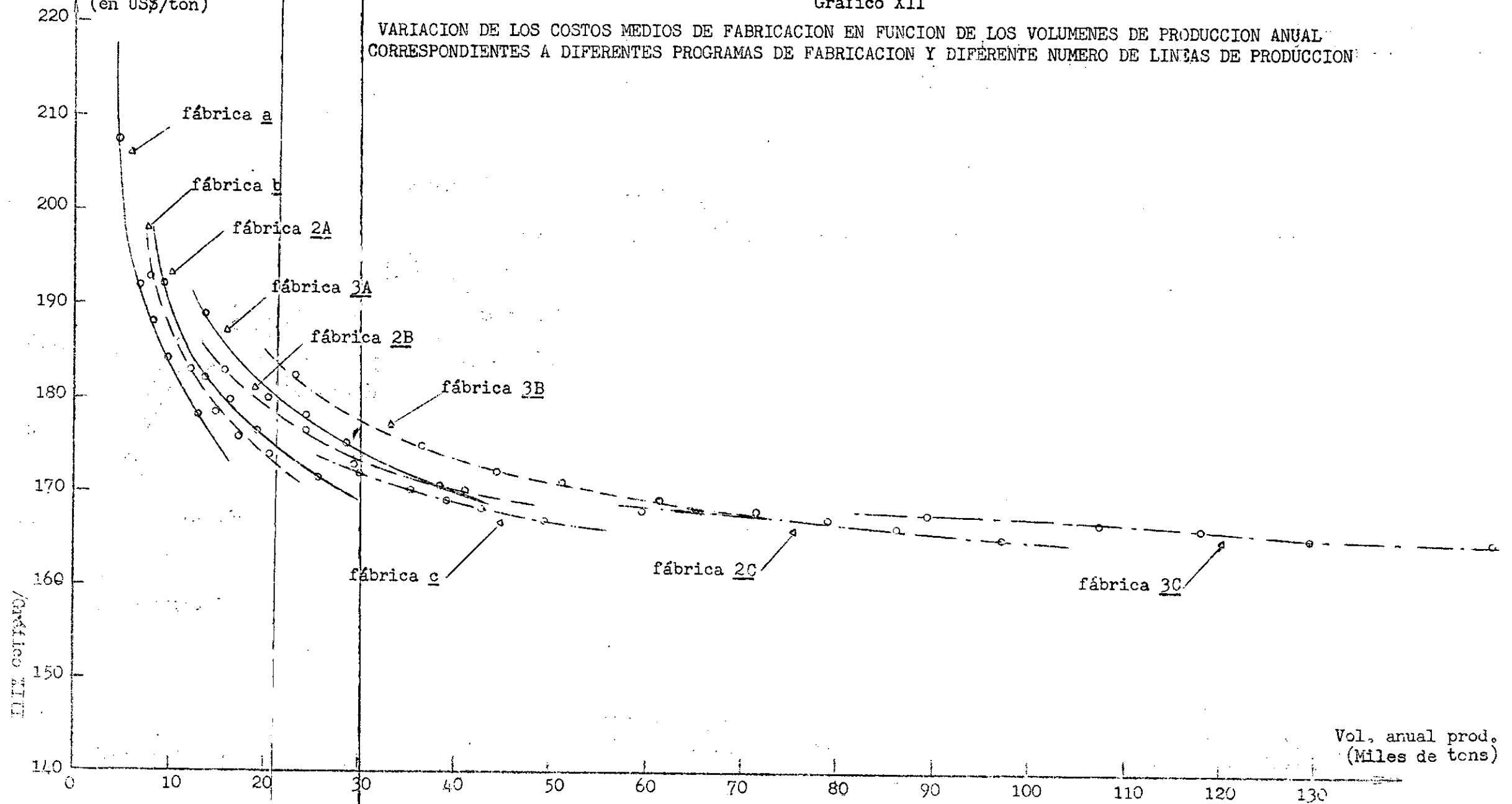
Gráfico XIII

ST/ECIA/CONF. 11/L. 14

Costos medios de fabricación
(en US\$/ton)

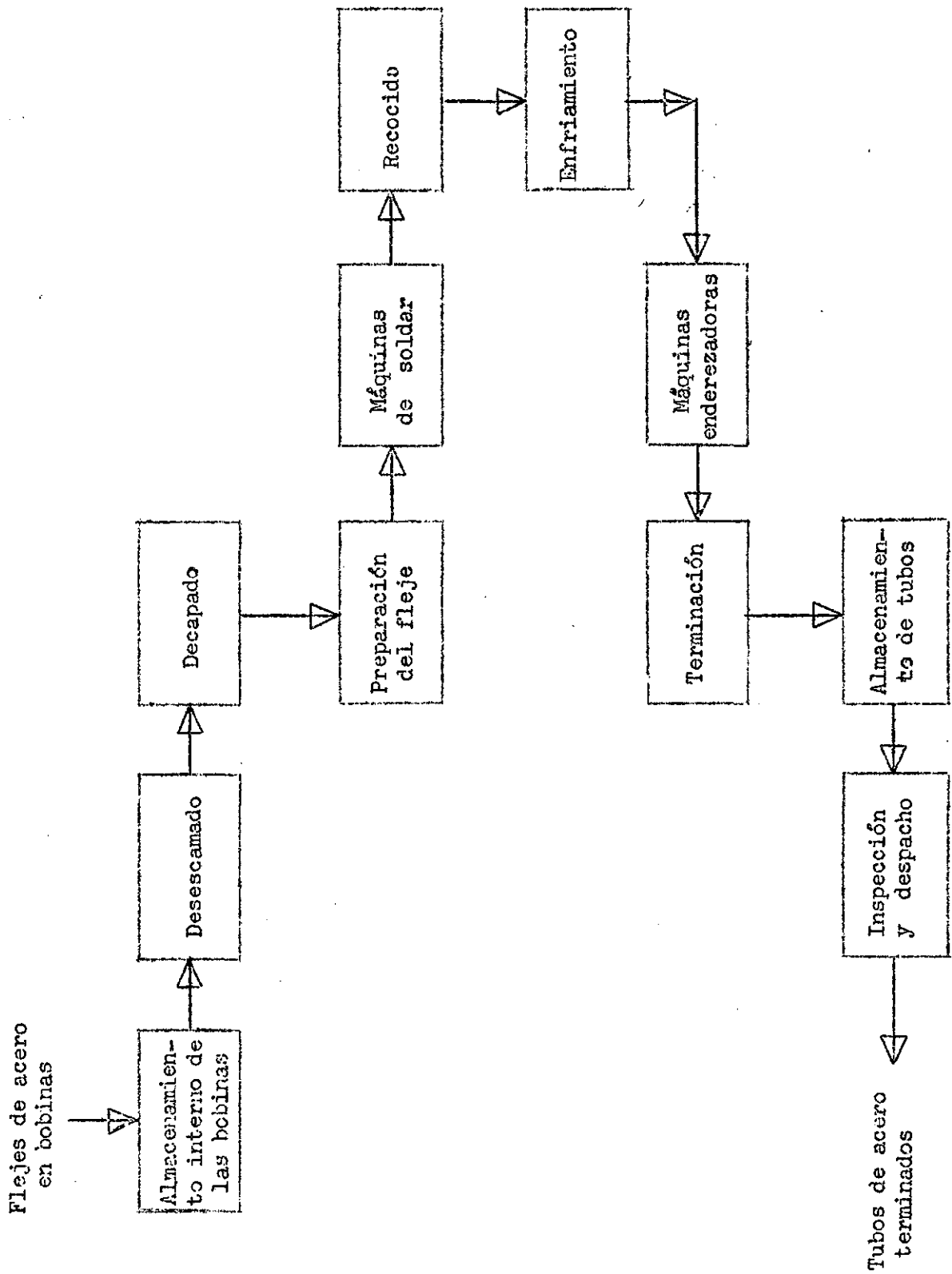
Gráfico XII

VARIACION DE LOS COSTOS MEDIOS DE FABRICACION EN FUNCION DE LOS VOLUMENES DE PRODUCCION ANUAL
CORRESPONDIENTES A DIFERENTES PROGRAMAS DE FABRICACION Y DIFERENTE NUMERO DE LINEAS DE PRODUCCION



ST/ECLA/CONF.11/L.114

ESQUEMA DE LAS FABRICAS a, b y c



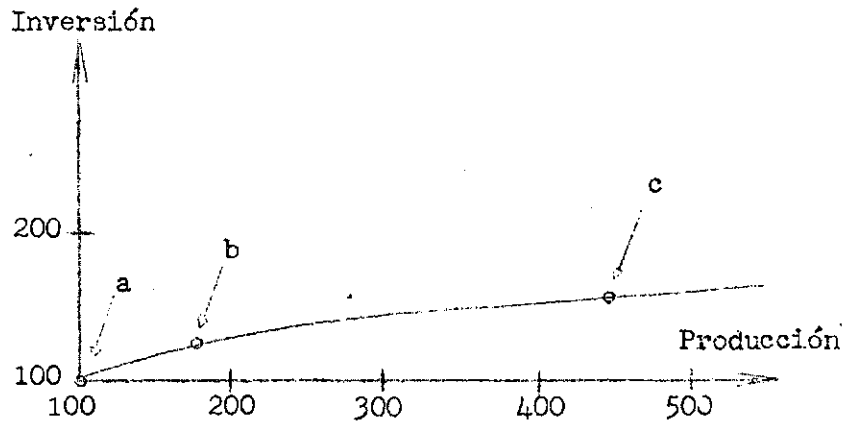
/Gráfico I

Gráfico XIII

CURVAS DE VARIACION DE LAS INVERSIONES NOMINALES (NUMEROS INDICES)
EN FUNCION DE LOS VOLUMENES DE PRODUCCION ANUAL (NUMEROS INDICES)

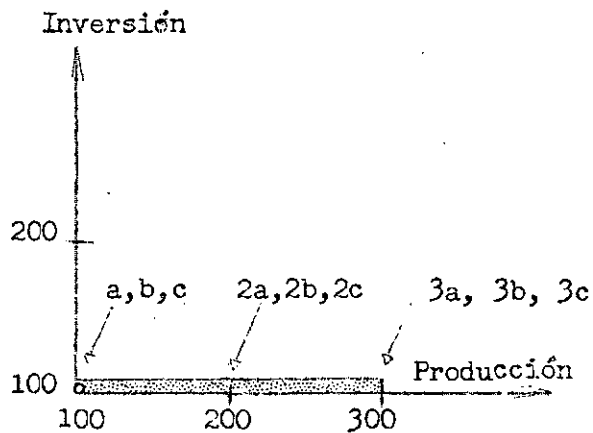
(Cuadro A)

TAMAÑO DE LAS MAQUINAS DE SOLDAR



(Cuadro B)

TURNOS DE TRABAJO



(Cuadro C)

NUMERO DE LINEAS DE FABRICACION

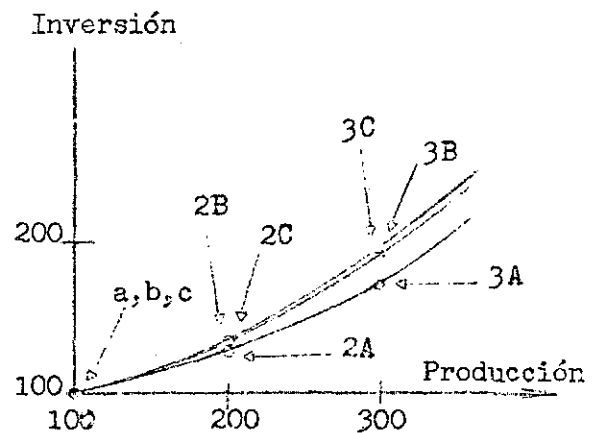
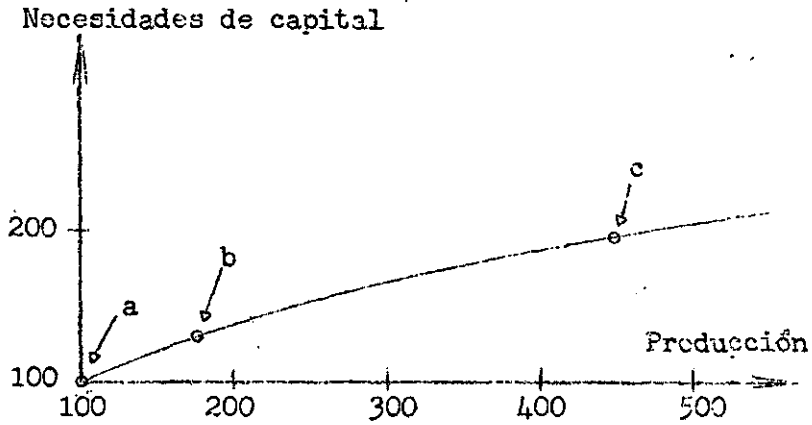


Gráfico XIV

CURVAS DE VARIACION DE LAS NECESIDADES DE CAPITAL (NUMEROS INDICES)
EN FUNCION DE LOS VOLUMENES DE PRODUCCION ANUAL (NUMEROS INDICES)

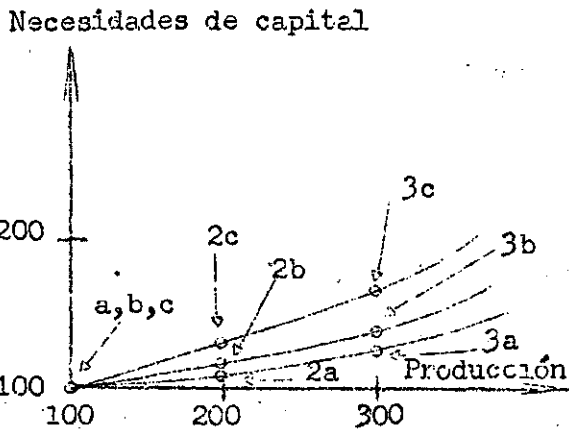
(Cuadro A)

TAMAÑO DE LAS MAQUINAS DE SOLDAR



(Cuadro B)

TURNOS DE TRABAJO



(Cuadro C)

NUMERO DE LINEAS DE FABRICACION

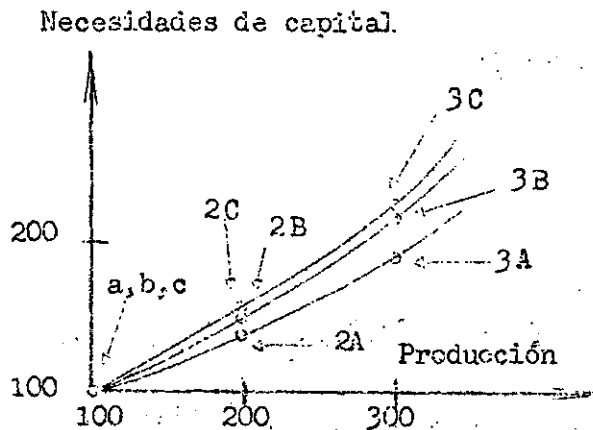
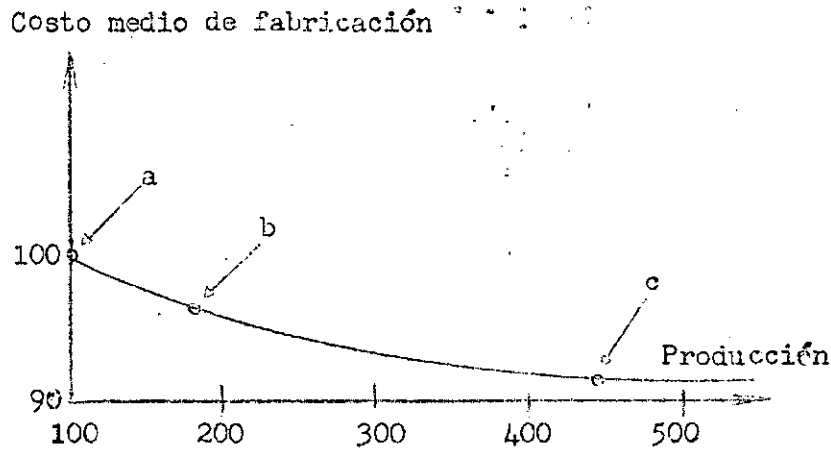


Gráfico XV

CURVAS DE VARIACION DE LOS COSTOS MEDIOS DE FABRICACION (NUMEROS INDICES)
EN FUNCION DE LOS VOLUMENES DE PRODUCCION ANUAL (NUMEROS INDICES)

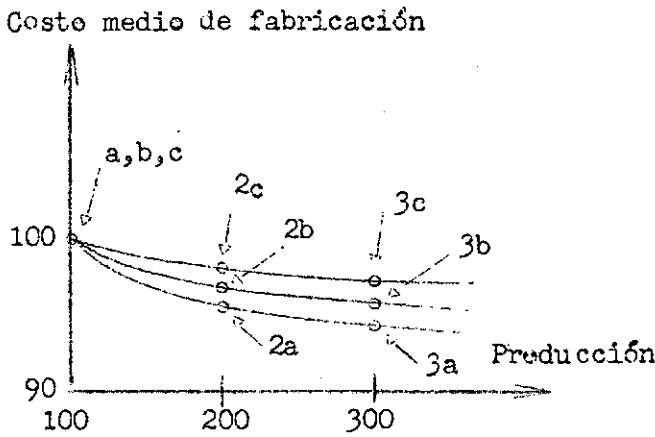
(Cuadro A)

TAMAÑO DE LAS MAQUINAS DE SOLDAR



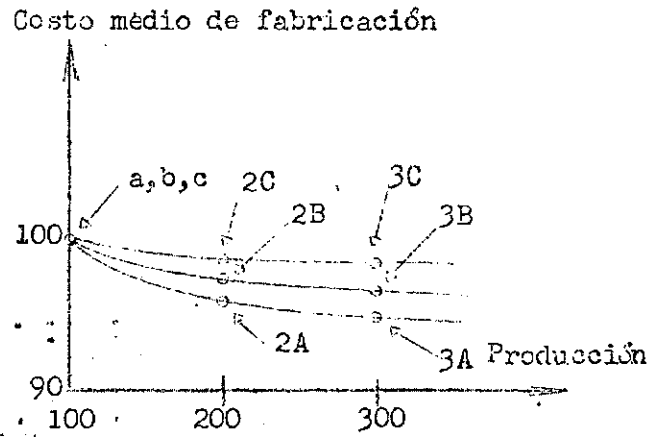
(Cuadro B)

TURNOS DE TRABAJO



(Cuadro C)

NUMERO DE LINEAS DE FABRICACION



/Gráfico XVI

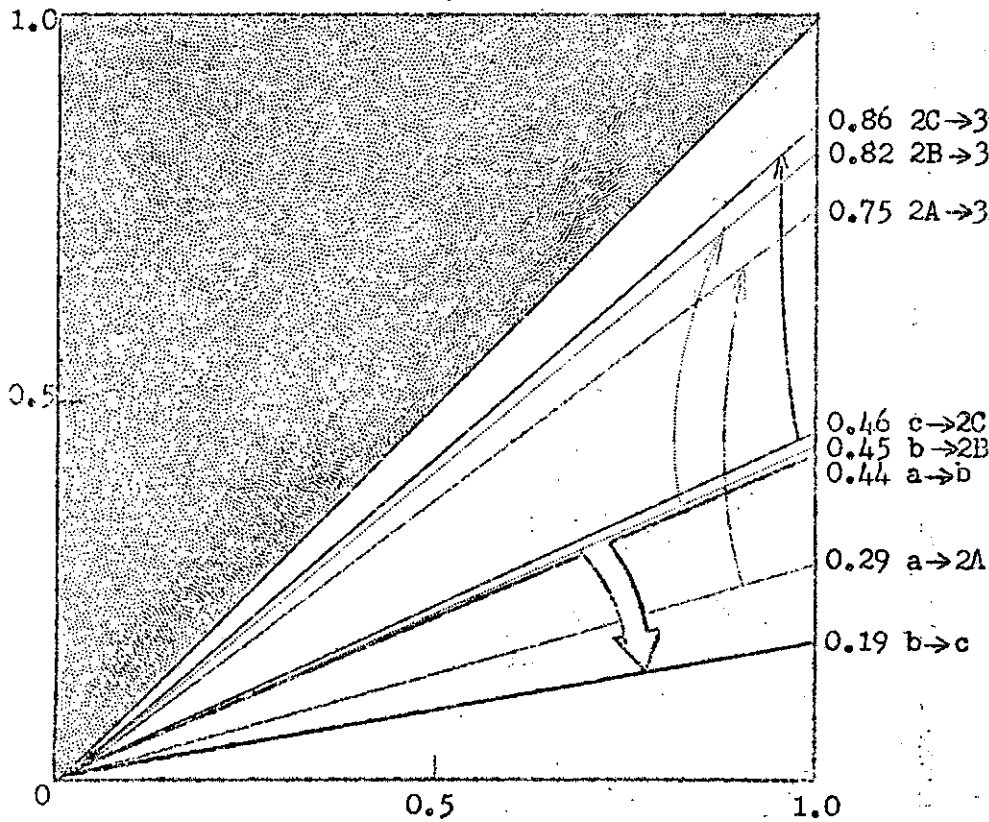
Gráfico XVI

VARIACIONES DE LA FUNCION TAMAÑO-INVERSION

$$\text{Fórmula : } \frac{K_1}{K_2} = \left(\frac{X_1}{X_2}\right)^\alpha$$

TUBOS DE ACERO

Valores de α



1) Métodos de uso intensivo de capital :

Valores de α

- a → 2A → 3A ... 0.29 y 0.75
- b → 2B → 3B ... 0.45 " 0.82
- c → 2C → 3C ... 0.46 " 0.86

2) Métodos de uso de mayores unidades básicas de producción :

Valores de α

- a → b → c ... 0.44 y 0.19

Triángulo de las deseconomías de escala

